



**Sofia Criulean**

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Tecnologias de Informação e Comunicação Aplicadas aos  
Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos:  
Situação Atual e Perspetivas Futuras em Portugal**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do  
Ambiente – Perfil de Engenharia Sanitária

Orientadora: Maria da Graça Madeira Martinho, Prof.<sup>a</sup>  
Associada com Agregação da FCT NOVA

Júri:

Presidente: Doutora Ana Isabel Espinha da Silveira, Prof.<sup>a</sup> Auxiliar da FCT - UNL  
Arguente: Mestre Artur João Lopes Cabeças, Prof. Auxiliar Convidado da FCT - UNL  
Vogal: Doutora Maria da Graça Madeira Martinho, Prof.<sup>a</sup> Associada da FCT - UNL



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março 2018**



## **Tecnologias de Informação e Comunicação Aplicadas aos Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos: Situação Atual e Perspetivas Futuras em Portugal**

**COPYRIGHT © 2018:** Sofia Criulean, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof<sup>a</sup> Doutora Graça Martinho todo o apoio que me deu na orientação do trabalho de investigação, bem como ao Eng<sup>o</sup> Pedro Santos, da equipa Waste@NOVA, sem eles não teria sido possível a realização desta dissertação.

Gostaria de fazer um agradecimento especial às pessoas que me apoiaram e acreditaram em mim neste percurso, um muito obrigado à minha família e aos amigos próximos. O amor e os mimos foram essenciais, pois sem dúvida foi a etapa mais trabalhosa do mestrado integrado, principalmente mental.

Obrigado ao Eng<sup>o</sup> Hélder António da Divisão de Apoio Geral da FCT NOVA, por me ter ensinado a realizar um questionário *online*, com códigos associados a cada pessoa.

Um reconhecimento a todas as pessoas das várias entidades que se disponibilizaram para responder ao questionário, sem a sua participação não existiriam dados a analisar.



## SUMÁRIO

A componente de recolha e transporte é das mais dispendiosas do sistema de gestão de resíduos urbanos (RU), por implicar uma grande necessidade de mão-de-obra e de viaturas. É também uma componente que pode originar impactes ambientais e sociais negativos, se não for criteriosamente planeada e gerida. As novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) aplicadas aos sistemas de recolha de RU permitem planear e otimizar circuitos de recolha de RU tornando-os mais sustentáveis. São também fundamentais para a implementação de sistemas tarifários tipo PAYT, considerados um dos instrumentos mais eficazes para a redução dos RU indiferenciados e aumento da deposição seletiva e reciclagem.

Tendo como base esta problemática, os principais objetivos da presente dissertação são a identificação e caracterização das TIC existentes no mercado para os sistemas de recolha de RU, a avaliação da sua aplicação pelas entidades responsáveis pela recolha de RU em Portugal Continental e a opinião destas entidades sobre as TIC existentes para a recolha de RU.

Para atingir estes objetivos desenvolveu-se e aplicou-se um questionário a todas as entidades de recolha de RU em Portugal Continental, com o qual se procurou conhecer os seguintes cinco grupos de variáveis: 1) caracterização do serviço de recolha (*e.g.* número de circuitos, viaturas, contentores e funcionários); 2) identificação do tipo de equipamentos e tecnologias existentes ou a adquirir (*e.g.* para identificação de sacos/contentores, para medição do nível de enchimento dos contentores, para leitura de contentores e comunicação e sistemas/programas para otimização de circuitos ou gestão integrada da recolha); 3) opinião dos inquiridos sobre as TIC (*e.g.* fatores que facilitam ou dificultam a sua aquisição, principais problemas, critérios relevantes para a seleção de TIC, o que tem que ser melhorado e que serviços adicionais deviam ser prestados pelos fornecedores de TIC); 4) crenças nos benefícios das TIC; 5) prioridades para as TIC e recolha de RU para 2020 e expectativas da generalização das TIC ao setor.

O questionário foi enviado às 274 entidades responsáveis pela recolha de RU em território nacional continental, tendo-se recebido 123 respostas (45%). Os resultados permitem concluir que a aplicação das TIC ao setor da recolha de RU é ainda é muito incipiente, apenas 22% das entidades afirmaram ter algum tipo TIC implementadas, para além das limitações financeiras e de necessidades básicas ainda por colmatar, como a renovação das frotas, por exemplo, há uma certa falta de informação e capacitação dos técnicos de recolha de RU para reconhecerem as TIC e suas vantagens para o setor da recolha de RU, nomeadamente para a prestação de um serviço mais eficiente e para a implementação de sistemas tarifários tipo PAYT.

**Palavras-chave:** TIC, circuitos de recolha de resíduos, sistema tarifários tipo PAYT





## ABSTRACT

In the urban solid waste (USW) management system, the collection and transport section is one of the most expensive because it involves a great need of manpower and vehicles. It can also have negative environmental and social impacts if not carefully planned and managed. New information and communication technologies (ICT) applied to USW collection systems allows its circuits planning and optimization in order to make them more sustainable. They are also important for PAYT-type tariff systems' implementation, one of the most successful tools for the reduction of mixed waste and the increase of selective waste collection and recycling.

Having this into account, this dissertation aims to identify and characterize the existing ICT in the market for USW collection systems the evaluation of the ICT application by responsible USW collection entities in Continental Portugal and also, these entities opinions on existing ICT for USW collection.

For that matter, a questionnaire was made and applied to all USW collection entities in Continental Portugal. Its' aim was to identify the five following groups of variables: 1) Classification of the collection service (e.g. circuits, vehicles, containers and employees numbers); 2) Identification of the equipment type and technologies existing or required (e.g. for bags/containers identification, for measuring the containers' filling level, for reading containers, data communication, circuit optimization systems / programs or even for integrated collection management); 3) the respondents opinion on ICT (e.g. factors that aids or delay its acquisition, main problems, relevant criteria for ICT selection, what needs to be improved and what additional services should be provided by ICT providers); 4) beliefs in ICT benefits; 5) ICT priorities, USW collection by 2020 and expectation of ICT's generalization in this topic.

The questionnaire was sent to the 274 USW collection's responsible entities in the national territory, in which only 123 (45%) replied. The results allow us to conclude that the ICT's application in the USW collection sector is still very incipient. Only 22% of the entities claimed having some kind of ICT, having still financial limits and basic needs to be filled such as the renewal of fleets. For example, there is a lack of information of USW collection's technicians in recognizing ICT and its advantages in this sector, in particular for a more efficient service and for a PAYT-type tariff systems' implementation.

**Keywords:** ICT, waste collection routes, PAYT-type tariff



## ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Relevância do tema .....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Metodologia geral.....	5
1.4. Organização da dissertação .....	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1. Enquadramento político e legislativo da gestão de resíduos .....	7
2.2. Evolução da contentorização e das viaturas de resíduos .....	11
2.3. Aplicação das novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) aos sistemas de recolha de resíduos .....	17
2.3.1. Considerações gerais .....	17
2.3.2. Tecnologias espaciais .....	20
2.3.3. Tecnologias de identificação .....	21
2.3.4. Tecnologias de aquisição dados .....	25
2.3.5. Tecnologias de comunicação de dados.....	31
2.3.6. Problemas e desafios das TIC.....	35
3. METODOLOGIA .....	37
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	41
4.1. Caracterização e identificação das entidades inquiridas.....	41
4.2. Caracterização do serviço.....	44
4.2.1. Número de circuitos de recolha de resíduos urbanos .....	44
4.2.2. Número de circuitos de recolha com sistema de deposição por sacos .....	45
4.2.3. Número e tipo de contentores de recolha de RU .....	45
4.2.4. Número e tipo de viaturas de recolha .....	46
4.2.5. Funcionários ao serviço de recolha .....	47
4.2.6. Despesas com o sistema de recolha de resíduos.....	49

4.2.7.	Existência e previsão de algum sistema de tarifação tipo PAYT e as suas características	50
4.3.	Identificação dos equipamentos e tecnologias “ <i>smart</i> ” existentes ou a adquirir.....	52
4.3.1.	Equipamentos/dispositivos para a identificação e/ou georreferenciação .....	52
4.3.2.	Equipamento/dispositivo para medição do nível de enchimento dos contentores.....	54
4.3.3.	Número e tipo de tecnologias instaladas nas viaturas para a leitura dos contentores e comunicação .....	55
4.3.4.	Sistemas/programas para otimização dos circuitos .....	57
4.3.5.	Sistemas/programas de gestão integrada de todo o sistema de recolha no apoio à gestão da recolha de RU.....	61
4.4.	Opinião das entidades sobre as TIC aplicadas à gestão da recolha de RU .....	62
4.4.1.	Fatores que facilitam ou dificultam a sua implementação .....	62
4.4.2.	Critérios considerados relevantes para seleção de equipamentos e de serviços de TIC e avaliação dos serviços prestados.....	65
4.4.3.	Características a serem melhoradas nas TIC aplicadas à gestão dos circuitos e serviços adicionais desejados.....	69
4.4.4.	Crenças nos benefícios alcançados ou a alcançar com a implementação de TIC aos sistemas de recolha de RU .....	72
4.5.	Prioridades para as TIC e recolha de RU e expetativas da generalização das TIC a curto prazo	75
5.	CONCLUSÕES.....	79
5.1.	Síntese conclusiva .....	79
5.2.	Limitações e principais dificuldades .....	82
5.3.	Proposta para o desenvolvimento futuro .....	82
6.	BIBLIOGRAFIA.....	83
	ANEXOS.....	89
	Anexo I: Questionário enviado para as entidades de recolha de RU em Portugal Continental.....	89
	Anexo II: As entidades de recolha (indiferenciada/seletiva multimaterial) por cada região.....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Evolução da população .....	1
Figura 2.1 - Princípio da hierarquia dos Resíduos .....	7
Figura 2.2 - Recolha de resíduos das habitações, início do séc. XX .....	12
Figura 2.3 - Hipomóvel da recolha de resíduos, anos 30 .....	12
Figura 2.4 - Camião de recolha de resíduos, anos 40/50.....	12
Figura 2.5 - Recipiente para resíduos, anos 50.....	13
Figura 2.6 - Modelo Ochsner .....	13
Figura 2.7 - Remoção de resíduos, anos 80.....	14
Figura 2.8 - Equipamento de deposição de resíduos, anos 80.....	14
Figura 2.9 - Vidrão .....	14
Figura 2.10 - Ecoponto, anos 90.....	14
Figura 2.11 - Veículo plano com lados e divisórias removíveis .....	15
Figura 2.12 - Veículo totalmente automatizado de recolha dupla, com corpo dividido.....	15
Figura 2.13 - Contentores com rodas .....	15
Figura 2.14 - Recipiente Molok .....	16
Figura 2.15 - Diagrama de blocos do sistema de gestão de resíduos .....	19
Figura 2.16 - LCD do contentor .....	20
Figura 2.17 - Código de barras.....	21
Figura 2.18 - Etiqueta RFID.....	22
Figura 2.19 - "Arquitetura" do sistema RFID.....	23
Figura 2.20 - Ilustração do sensor ultrassónico .....	26
Figura 2.21 - Plataforma de software .....	26
Figura 2.22 - Módulo de sensor ultrassónico (HC - SR04).....	27
Figura 2.23 - Princípio do sensor ultrassónico .....	27

Figura 2.24 - Sistema de monitorização do enchimento de contentores com sensores ultrassónicos ...	27
Figura 2.25 - Sensor com infravermelhos .....	28
Figura 2.26 - Funcionamento do sistema de sensor de enchimento .....	28
Figura 2.27 - Sensor de gás .....	29
Figura 2.28 - Modem GSM .....	31
Figura 2.29 - Sistema Central de Monitorização .....	32
Figura 2.31 - Tecnologia ZigBee para o contentor de resíduos.....	34
Figura 4.1 - Distribuição da amostra de inquiridos por Regiões de Portugal Continental .....	41
Figura 4.2 - NUT II .....	41
Figura 4.3 - Distritos de Portugal Continental.....	42
Figura 4.4 - Distribuição da amostra de inquiridos por distrito.....	42
Figura 4.5 - Número e distribuição dos funcionários afetos ao serviço de recolha de RU, por categorias profissionais .....	48
Figura 4.6 - Assistentes operacionais .....	48
Figura 4.7 - Assistentes de manutenção .....	48
Figura 4.8 - Percentagem da despesa do sistema de gestão de RU afeta à componente de recolha.....	49
Figura 4.9 - Existência e previsão de algum sistema de tarifação do tipo PAYT .....	51
Figura 4.10 - Tipo de equipamento/dispositivo utilizado para a identificação dos sacos .....	53
Figura 4.11 - Tipo de equipamento/dispositivo utilizado para a identificação dos contentores.....	54
Figura 4.12 - Tipo de equipamento/dispositivo utilizado na medição do nível de enchimento dos contentores .....	54
Figura 4.13 - Número de viaturas de recolha equipadas com algum tipo de tecnologia para leitura de contentores e comunicação .....	56
Figura 4.14 - Existência de sistema/programa para otimização de circuitos.....	57
Figura 4.15 - Existência de sistema/programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha .....	61
Figura 4.16 - Razões pelas quais ainda não implementaram ou generalizaram a utilização de equipamentos/tecnologias de otimização e gestão do serviço de recolha .....	64

Figura 4.17 - Exigência de formação adicional especializada.....	65
Figura 4.18 - Resistência à mudança.....	65
Figura 4.19 - Exigência de levantamento de um grande número de dados de base .....	65
Figura 4.20 - Exigências que teriam sido feitas aos fornecedores de TIC se fosse agora .....	66
Figura 4.21 - O que as entidades que ainda não têm TIC exigiriam aos seus fornecedores.....	67
Figura 4.22 - Fatores considerados mais importantes pelos utilizadores de TIC para os serviços de telemática .....	67
Figura 4.23 - Fatores considerados mais importantes pelos não utilizadores de TIC para os serviços de telemática .....	68
Figura 4.24 - Critérios considerados pelos não utilizadores de TIC como mais importante para a escolha do respetivo fornecedor.....	68
Figura 4.25 - Opinião dos utilizadores de TIC sobre as características a melhorar nas TIC aplicadas à recolha de resíduos.....	69
Figura 4.26 - Aspetos que os utilizadores de TIC consideram ter que ser melhorados pelos fornecedores .....	70
Figura 4.27 - Serviços adicionais que as entidades com TIC gostariam de ter dos fornecedores .....	71
Figura 4.28 - Serviços adicionais que as entidades sem TIC gostariam de ter dos fornecedores .....	71
Figura 4.29 - Avaliação dos utilizadores de TIC sobre os benefícios alcançados após a implementação das novas tecnologias/programas, face à situação de referência (SR) .....	72
Figura 4.30 - Benefícios que os não utilizadores de TIC acreditam poderem resultar após a implementação de novas tecnologias/programas, face à situação de referência (SR) .....	73
Figura 4.31 - Número de anos de retorno completo do investimento reportado pelos utilizadores de TIC: a) expectativa inicial; b) número real .....	74
Figura 4.32 - Opinião dos não utilizadores de TIC sobre o número de anos de retorno completo do investimento .....	75
Figura 4.33 - Prioridades indicadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir para os contentores .....	76
Figura 4.34 - Prioridades indicadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir para as viaturas .....	76

Figura 4.35 - Prioridades indicadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir para o sistema de gestão da recolha..... 76

Figura 4.36 - Expectativas das entidades face à generalização das TIC aplicadas ao setor da recolha de RU ..... 78



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Indicadores-chave a monitorizar no relatório de avaliação .....	9
Tabela 2.2 - Comparação entre código de barras e RFID .....	24
Tabela 2.3 - Resumo das aplicações de tecnologias de imagem aos sistemas de recolha e triagem de resíduos .....	30
Tabela 2.4 - Resumo das tecnologias comuns de comunicação de dados utilizadas nos sistemas de gestão de resíduos .....	35
Tabela 3.1 - Questões do questionário adaptadas do Relatório “Fleet Management Technology Report” .....	38
Tabela 4.1 - Distribuição da amostra de inquiridos por distrito e respetivas taxas de resposta .....	41
Tabela 4.2 - Recolha por tipo de entidade .....	43
Tabela 4.3 - Número total, médio e máximo de circuitos de recolha de RU reportados pelas entidades inquiridas, por tipologia de recolha .....	44
Tabela 4.4 - Número total, médio e máximo de circuitos de recolha de RU com deposição por sacos .....	45
Tabela 4.5 - Número total, médio e máximo de contentores, por tipologia de contentores .....	46
Tabela 4.6 - Número e tipo de viaturas de recolha de RU, por tipologia de viatura .....	47
Tabela 4.7 - Número de circuitos de recolha com contentores ou sacos com equipamentos/dispositivos para identificação e georreferenciação .....	53
Tabela 4.8 - Percentagem de viaturas com algum tipo de tecnologia de leitura de contentores e comunicação .....	57
Tabela 4.9 - Sistema/programa para otimização de circuitos indicados pelas entidades inquiridas .....	60
Tabela 4.10 - Sistema/programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha .....	61
Tabela 4.11 - Opinião das entidades sobre os fatores que facilitaram/ facilitariam, a implementação de TIC .....	63
Tabela 4.12 - Recomendações para a seleção de equipamentos/programas aplicados à recolha de RU .....	66
Tabela 4.13 – Principais prioridades e objetivos, até 2020, indicados pelas entidades de recolha de RU .....	77

Tabela 0.1 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Norte .....	107
Tabela 0.2 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Centro.....	108
Tabela 0.3 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região de Lisboa.....	110
Tabela 0.4 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Alentejo.....	110
Tabela 0.5 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Algarve.....	112

## SIMBOLOGIA

ADC - Águas de Covilhã

AGERE - Empresa de águas Efluentes e Resíduos de Braga, E.M.

ALGAR - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

AMBILITAL - Investimentos Ambientais no Alentejo, E.I.M.

Ambiolhão - Empresa Municipal De Ambiente De Olhão, E.M.

AMR - Associação de Municípios da Região

CM - Câmara Municipal

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

EcoAmbiente - Consultores de Engenharia, Gestão e Prestação de Serviços, S.A.

Ecolezíria - Empresa Intermunicipal Tratamento Resíduos Sólidos, E.I.M.

EMAC - Empresa Municipal de Ambiente de Cascais, E.M., S.A.

EMARP - Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Portimão

EMARVR - Empresa Municipal de Água e Resíduos de Vila Real, E.M.

Gesamb - Gestão Ambiental e de Resíduos, E.I.M.

GPS - Sistemas de Posicionamento Global

GPRS - *General Packet Radio Service* (Serviços Gerais de Pacote por Rádio)

GSM - *Global System for Mobile Communications* (Sistema Global para Comunicações Móveis)

Inframoura - Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M.

Infraquinta - Empresa de Infraestruturas da Quinta do Lago, E.M., S.A.

INOVA - Empresa municipal de desenvolvimento económico e social de Cantanhede, E.M., S.A.

*IoT - Internet of things* (Internet das coisas)

LCD - *Liquid Crystal Display* (display de cristal líquido)

Lurec - Limpeza Urbana e Reciclagem, S.A.

Luságua - Serviços Ambientais, S.A.

M2M - *Machine-to-Machine* (Máquina-a-Máquina)

PaP - Recolha Porta-a-Porta

PAYT - *Pay As You Throw* (Pagar o que produz)

PEC - Pacote da Economia Circular

PERSU - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

PIC - *Programmable Interface Controller* (Controlador de Interface Programável)

Resialentejo - Tratamento e Valorização de Resíduos, E.I.M.

Resitejo - Associação de Gestão e Tratamento dos Lixos do Médio Tejo

RFID - *Radio-Frequency IDentification* (Identificação por radiofrequência)

RU - Resíduos Urbanos

RUB - Resíduos Urbanos Biodegradáveis

SGRU - Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SIMAR de Loures e Odivelas - Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos de Loures e Odivelas

SM - Sistema Municipalizado

SMS - *Short Message Service*

SMSB de Viana do Castelo - Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo

SUMA - Serviços Urbanos e Meio Ambiente, S.A.

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

UE - União Europeia

Valnor - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

Valorsul - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S.A.

VHFR - Rádio de Frequência Muito Alta

ZigBee - Conjunto de especificações para a comunicação sem-fio

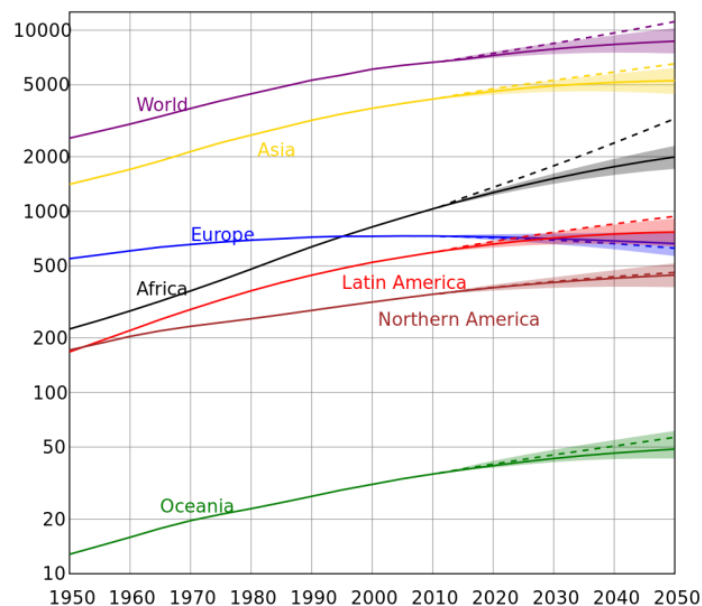
## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Relevância do tema

Nos últimos anos a população mundial cresceu rapidamente, sendo as projeções para 2050 de um aumento dos atuais cerca de 7,6 mil milhões para mais de 9,8 mil milhões (UN, 2017). Aproximadamente 54% da população mundial vive nas cidades (UN, 2014), estimando-se que nestas se produzem por ano cerca de 1,3 mil milhões de toneladas de resíduos urbanos (RU), valor que em 2025 aumentará para 2,2 mil milhões de toneladas (Hoornweg e Bhada-Tata, 2012).

Este aumento dramático da população, e consequente produção de RU, torna a gestão dos RU um motivo de preocupação e um dos maiores desafios nas áreas urbanas de todos os países, pelos impactes sociais, económicos e ambientais que poderá originar (Mwangi e Mburu, 2016; Juutinen, 2016; Lokhande, 2016).

A Figura 1.1 ilustra a evolução do crescimento da população mundial, total e por continentes. É possível observar que, atualmente, a Ásia e a África são as regiões que apresentam a maior população mundial, prevendo-se que permanecerão assim até 2050 (Roser, 2016).



**Figura 1.1 - Evolução da população** (Roser, 2016)

A questão dos resíduos é ainda mais preocupante nos países em desenvolvimento, onde se prevê um forte aumento da urbanização e do desenvolvimento económico (Hannan *et al.*, 2010<sup>a</sup> *apud* Shafiqul Islam *et al.*, 2012). Por outro lado, de acordo com estimativas da UN (2017), o rendimento médio *per capita* da população mundial irá triplicar até 2050 e, em consequência, a procura e consumo global de

recursos (*e.g.* energia, alimentos e recursos naturais) duplicará em 2050. Em resultado do aumento da extração dos recursos, sua utilização e eliminação de resíduos, a OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD, 2012) antevê, para 2050, consequências económicas, sociais, impactes negativos na saúde e no ambiente potencialmente graves, nomeadamente um aumento de 50% dos gases com efeito de estufa e a perda em 10% da biodiversidade.

Os sistemas económicos têm sido baseados naquilo a que se designa atualmente por economia linear, ou seja, numa lógica de “*make-use-dispose*” que significa a extração de recursos naturais, a sua utilização e descarte quando se transformam em resíduos. A nível mundial estima-se que cerca de 90% dos RU têm como destinos as lixeiras e os aterros sanitários, sendo a reciclagem e valorização ainda pouco expressivas (Hoornweg e Bhada-Tata, 2012). Para além de significarem uma perda de recursos secundários, estes métodos de deposição originam impactes ambientais e de saúde pública adicionais, tendo graves repercussões para a vida no planeta Terra (Shafiqul Islam *et al.*, 2012).

É, pois, urgente que se transite de uma economia linear para uma economia circular, na qual os resíduos se possam transformar em matéria-prima para a produção de novos produtos, como forma de reduzir o consumo de recursos naturais, energia e a poluição ambiental. Este é o novo paradigma que a União Europeia (UE) definiu como ambição para os Estados-membros no âmbito do Pacote de Economia Circular (EC, 2015).

Para que os RU possam ser novamente incorporados na economia é necessário que os consumidores/produtores de resíduos os depositem de forma seletiva nos recipientes ou centros de receção destinados a cada fluxo e que os sistemas de recolha e transporte destes resíduos sejam mais eficientes e sustentáveis em termos ambientais, económicos e sociais.

Em Portugal Continental, a produção de RU em 2016 foi de 4,64 milhões toneladas, um aumento de 3% em relação a 2015, o que corresponde a uma capitação de 472 kg/(hab.ano), ou 1,29 kg/(hab.dia), valor ligeiramente inferior ao da média europeia de 476 kg/(hab.ano), tendo apenas 13% destes resíduos sido recolhidos seletivamente e encaminhados para reciclagem e orgânica (APA, 2016).

Por envolver mão-de-obra intensiva e muitas viaturas com elevados consumos de combustível, os sistemas de recolha e transporte de resíduos podem representar a componente mais cara de um sistema integrado de gestão de resíduos. No caso da recolha e transporte de RU vários autores indicam custos superiores a 50%, nalguns casos atingindo os 70-80% dos custos totais do sistema de gestão de resíduos urbanos (Tchobanoglous *et al.*, 1993; Bilitewski *et al.*, 1997; Sonesson, 2000; Johansson, 2006; Tavares *et al.*, 2009; Sora e González, 2014; Greco *et al.*, 2015). Para além dos custos, o sistema de recolha de resíduos é a componente de interface entre o sistema de gestão de RU e os utentes, ou seja, é a “imagem” do serviço, e o seu bom funcionamento depende do comportamento dos utentes (Martinho e Gonçalves, 2000). Torna-se, portanto, imperativo equacionar o modo como a recolha de RU é feita.

A recolha de RU pode ser classificada de acordo com diferentes critérios, nomeadamente o tipo de resíduos recolhidos, o local de recolha, a frequência e horário da recolha.

Qualquer que seja o tipo sistema de recolha de RU implementado é sempre necessário recolher e tratar uma quantidade enorme de dados que permita desenhar e operacionalizar circuitos de recolha eficientes e sustentáveis. Até há bem pouco tempo, e ainda presente em muitas situações, os circuitos de recolha não obedeciam a um planeamento cuidado e exaustivo, eram desenhados com base na experiência dos motoristas e com recurso a métodos heurísticos simples, sendo os contentores agrupados geograficamente numa mesma rota ou circuito de recolha com o objetivo de obter uma divisão equilibrada do serviço pelas equipas disponíveis (Bilitewski, 1994; Rhyner *et al.*, 1995).

Contudo, as tradicionais técnicas heurísticas básicas ou a modelação baseada apenas na distância/tempo ponto-a-ponto com base nos problemas clássicos da investigação operacional (*i.e.*, carteiro chinês e o caixeiro viajante), deixaram de ser suficientes para responder à complexidade destes sistemas nas áreas urbanas. Esta complexidade resulta da presença de várias tipologias de contentores e veículos no mesmo espaço geográfico, o facto de alguns pontos de recolha requererem veículos específicos, a existência de várias garagens ou de diversos locais de descarga de viaturas, algumas ruas só possuem um sentido ou não permitirem inversão de marcha, certas áreas requererem horários de recolha específicos, a necessidade de se considerar a quantidade recolhida por ponto, em peso e volume, uma vez que se tem de ter em conta a capacidade da viatura, o número e elevado absentismo dos trabalhadores, entre outros (Martinho *et al.*, 2011; Carvalho, 2008; Rodrigues, 2016; Tanskanen e Melanen, 1999).

Devido a esta complexidade, desde os anos 2000 que vários Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) do país, recorrem à utilização de sistemas de informação geográfica (SIG) como suporte para o planeamento de circuitos de recolha de RU mais otimizados, com base na georreferenciação e cobertura dos contentores (Rodrigues, 2016). Os SIG, por possibilitarem a interação de dados com características diferenciadas, permitem catalogar, centralizar e disponibilizar informação geográfica e rigor topológico. Deste modo a atualização e manutenção dos dados torna-se mais rápida, mais fiável e mais consistente (Hannan *et al.*, 2015).

Recentemente surgiram no mercado novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) para a gestão dos sistemas de recolha de resíduos, as quais incluem uma ampla gama de soluções técnicas inovadoras aplicadas aos contentores, às viaturas e ao sistema global de monitorização e gestão dos circuitos, destinadas a melhorar o planeamento, a otimização dos circuitos e, em muitas situações, a implementação de sistemas de tarifação do tipo PAYT (*Pay-As-You-Throw*). Estas novas tecnologias podem proporcionar uma gestão mais integrada e inteligente dos sistemas de recolha de resíduos, um planeamento otimizado dos circuitos, com as consequentes reduções de custos e emissões para a atmosfera, uma redução do número de reclamações, uma tarifação mais transparente e justa, um aumento

da reciclagem e a obtenção de dados estatísticos e indicadores de eficácia operacional do serviço muito mais precisos (Hannan *et al.* 2015; Johansson, 2006). Uma motivação adicional para o uso das TIC por parte dos municípios é o fato de permitirem tornar as cidades mais sustentáveis, combinando aplicações de *hardware* e *software* (Vassilas *et al.*, 2001 *apud* Hannan *et al.* 2015).

As novas tecnologias aplicadas ao sistema de recolha de RU permitem igualmente uma melhor aplicação e generalização dos sistemas tarifários tipo PAYT, que constituem um instrumento poderoso de incentivo à redução da produção de resíduos e à promoção da deposição seletiva (Wyld, 2010). Os sistemas de cobrança proporcionais à quantidade de RU produzidos (PAYT), implementados há várias décadas em muitas cidades americanas, europeias e australianas, baseavam-se inicialmente em etiquetas pré-compradas que se colocavam no contentor ou saco de resíduos. Contudo, estes sistemas apresentam alguns problemas, por exemplo, a deposição dos resíduos nos contentores de outras pessoas (para evitar o pagamento) e um aumento na deposição ou queima ilegal de resíduos em áreas remotas (G. Harder e L. Knox, 1992 *apud* Wyld, 2010).

Atualmente, alguns fornecedores de tecnologias oferecem soluções inovadoras para fomentar os comportamentos de reciclagem e rastrear os padrões de reciclagem dos agregados familiares individuais, que não se limitam a contabilizar e faturar os custos dos resíduos indiferenciados através do PAYT. É exemplo a empresa *RecycleBank*, sediada na cidade de Nova York, que tem um programa de recompensas associado à quantidade (em peso ou volume) de resíduos que as pessoas encaminham para reciclagem, quando é feita a recolha são creditados na conta do cliente pontos “*RecycleBank Points*”, que podem ser usados em assinaturas de revistas ou descontos na compra de produtos de vários parceiros associados ao projeto (C. Swedberg, 2008 *apud* Wyld, 2010). Para Wyld (2010), isto é uma forma de “*doing well by doing good*,” promovendo a responsabilidade ambiental individual.

Apesar de todas as vantagens da utilização de TIC aos sistemas de recolha de RU, algumas barreiras são ainda impeditivas da utilização pelas entidades responsáveis pela recolha de RU, designadamente a limitação de recursos financeiros, o fraco acesso à *Internet*, a escassez de pessoal qualificado e a falta de políticas adequadas (Aleke *et al.*, 2011, Ndou, 2004 *apud* Hannan *et al.* 2015).



## 1.2. Objetivos

Face ao recente e crescente desenvolvimento e aplicação das TIC aos sistemas de recolha de resíduos, os principais objetivos da investigação da presente dissertação foram os seguintes:

- Levantamento bibliográfico sobre as tecnologias disponíveis no mercado para a gestão integrada e inteligente de sistemas de recolha de resíduos;
- Caracterização e avaliação da situação em Portugal Continental sobre a estrutura e funcionamento dos sistemas de recolha de RU e sobre a utilização das tecnologias, tanto da recolha de resíduos indiferenciados, como de recolha seletiva multimaterial e de bio-resíduos;
- Identificação das principais barreiras à utilização destas tecnologias, opiniões e perspetivas futuras por parte das entidades responsáveis pelos sistemas de recolha de RU.

## 1.3. Metodologia geral

Em termos metodológicos, para atingir os objetivos previstos, o trabalho de investigação foi estruturado nas seguintes fases:

- **Fase I:** Levantamento bibliográfico sobre: a) os desafios que se colocam atualmente aos sistemas de recolha, os objetivos e metas de recolha a cumprir no âmbito da Diretiva-Quadro dos Resíduos e das políticas de ambiente; b) a evolução do serviço de recolha de RU, desde o início do século XX até à atualidade, a nível internacional e em Portugal, e as necessidades dos serviços de recolha e dos utentes do serviço; c) as TIC disponíveis no mercado para os sistemas de recolha de resíduos, casos de estudo com soluções inovadoras, análise das vantagens e desvantagens das diferentes soluções, problemas e desafios futuros;
- **Fase II:** Desenvolvimento de um inquérito por questionário a aplicar às entidades responsáveis pelos sistemas de recolha de RU em Portugal Continental, que consistiu na: a) seleção das variáveis a incluir no questionário, designadamente a identificação das entidades e do concelho, a caracterização do serviço, a identificação dos equipamentos e tecnologias “*smart*” existentes ou a adquirir, as prioridades a curto prazo (até 2020); b) construção de questionário *online* por recurso à plataforma *LimeSurvey* na FCT NOVA;
- **Fase III:** Levantamento sobre as entidades responsáveis em Portugal Continental pela recolha de resíduos indiferenciados, recolha seletiva multimaterial e bio-resíduos, construção de uma listagem com os respetivos contactos e envio de uma mensagem por *e-mail* explicativa dos objetivos do estudo e apelo à colaboração para o preenchimento do questionário;

- **Fase IV:** Tratamento e análise das respostas obtidas por questionário;
- **Fase V:** Redação e revisão da dissertação.

#### 1.4. Organização da dissertação

A presente dissertação está organizada de acordo com as fases metodológicas em cinco grandes capítulos.

No primeiro capítulo, que apresenta a motivação que conduziu ao tema da dissertação, foi realizada uma breve síntese sobre a problemática associada à produção e recolha de RU, a relevância e atualidade da área de investigação e ainda a descrição dos objetivos, assim como a estrutura metodológica da dissertação e a forma como esta se encontra organizada.

No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão da literatura sobre o enquadramento legislativo aplicável à gestão de resíduos, uma síntese histórica da evolução da contentorização e dos veículos de recolha de resíduos, a importância, vantagens e desvantagens das TIC aplicadas aos sistemas de recolha de resíduos, bem como algumas recomendações e soluções inovadoras para a recolha.

O terceiro capítulo descreve a metodologia adotada para a obtenção dos dados, um inquérito por questionário, necessária aos objetivos propostos de avaliação da forma como as tecnologias estão a ser implementadas em Portugal Continental e quais as experiências e expectativas dos responsáveis e técnicos pela gestão de RU.

No quarto capítulo, apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos por questionário bem como uma análise comparativa entre as diferentes entidades.

O quinto e último capítulo, é dedicado às conclusões do trabalho desenvolvido, incluindo a identificação das principais vantagens e limitações da aplicação das novas tecnologias aos sistemas de recolha de RU e, por fim, indicam-se algumas recomendações e sugestões para possíveis trabalhos de investigação futuros nesta área.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Enquadramento político e legislativo da gestão de resíduos

A recolha e transporte de resíduos é uma das componentes do sistema de gestão de resíduos. De acordo com o Decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, na redação dada pelo Decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho, a gestão de resíduos inclui a “(...) recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações, a manutenção dos locais de eliminação no pós-encerramento, bem como as medidas adotadas na qualidade de comerciante ou corretor”.

Um dos princípios basilares da política europeia de resíduos, consagrada na Diretiva-Quadro dos Resíduos (Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro), é o princípio da hierarquia da gestão, representado na Figura 2.1, de acordo com o qual a ordem de prioridades no que se refere às opções de prevenção e gestão de resíduos que deve começar pela prevenção e redução dos resíduos, seguida da preparação para a reutilização, a reciclagem, outros tipos de valorização e, por fim, a eliminação. Esta hierarquia estabelece uma ordem de prioridades do que constitui geralmente a melhor opção ambiental para a gestão dos resíduos.



**Figura 2.1 - Princípio da hierarquia dos Resíduos** (adaptado de European Commission, 2016)

A Diretiva-Quadro dos Resíduos reforça ainda os princípios do “poluidor-pagador”, de acordo com o qual “(...) o produtor de resíduos e o detentor de resíduos deverão assegurar a gestão de resíduos por forma a garantir um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde humana (...)”, o princípio da responsabilidade pela gestão, “(...) incluindo os respetivos custos, que cabe ao produtor inicial dos resíduos, ao produtor do produto que deu origem aos resíduos se abrangidos pelo princípio da responsabilidade alargada do produtor (...)”, que consiste “(...) em atribuir, total ou parcialmente, física e ou financeiramente, ao produtor do produto a responsabilidade pelos impactos ambientais e pela produção de resíduos decorrentes do processo produtivo e da posterior utilização dos respetivos produtos, bem como da sua gestão quando atingem o final de vida”.

São ainda estabelecidas na Diretiva-Quadro dos Resíduos, os seguintes objetivos e metas que os Estados-membros devem alcançar até 2020:

- a) Um aumento mínimo global de 50%, em peso, quanto à preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos como, papel, metal, plástico e vidro domésticos, e possivelmente com outra origem desde que esses fluxos de resíduos sejam semelhantes aos resíduos domésticos;
- b) Um aumento mínimo de 70%, em peso, quanto à preparação para a reutilização, reciclagem e valorização de outros materiais, incluindo operações de enchimento utilizando resíduos como substituto de outros materiais, de resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão de materiais naturais definidos na categoria 17 05 04 da Lista Europeia de Resíduos (LER).

Estes objetivos e metas comunitárias foram transpostos para o direito nacional pelo Decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que estabelece o regime geral da gestão de resíduos.

As orientações estratégicas para a gestão dos RU encontram-se consagradas no Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU), o primeiro publicado em 1997, encontrando-se atualmente em vigor o PERSU 2020, para o período 2014-2020, aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro. Trata-se de um instrumento de referência da política de RU em Portugal Continental, que define os objetivos, as metas globais e as metas específicas por SGRU, e as medidas a implementar no quadro dos RU, bem como a estratégia que suporta a sua execução, contribuindo para o cumprimento das metas nacionais e comunitárias nesta área.

No PERSU 2020, os principais objetivos, que fundamentam o estabelecimento das metas e medidas para os RU entre 2014 e 2020, são: a prevenção da produção e perigosidade dos RU; o aumento da preparação para reutilização, reciclagem e da qualidade dos recicláveis; a redução da deposição de RU em aterro; a valorização económica e escoamento dos recicláveis e outros materiais do tratamento dos RU; o reforço dos instrumentos económico-financeiros; o incremento da eficácia e capacidade institucional e operacional do setor; o reforço da investigação, do desenvolvimento tecnológico, da inovação e da internacionalização do setor; e o aumento do contributo do setor para outras estratégias e planos nacionais. A sua implementação deverá permitir atingir níveis ambiciosos de reciclagem e preparação para a reutilização em Portugal Continental destacando-se as seguintes metas nacionais a cumprir até ao ano de 2020:

- Prevenção de resíduos: uma redução mínima da produção de resíduos por habitante de 10%, em peso, relativamente ao valor verificado em 2012 (456 kg/hab.ano), ou seja, a produção de RU em Portugal não deve ultrapassar os 410 kg/hab.ano em 2020;

- Preparação para reutilização e reciclagem: um aumento mínimo global para 50%, em peso, relativamente à preparação para a reutilização e a reciclagem de RU, incluindo o papel, cartão, plástico, vidro, metal, madeira e os resíduos urbanos biodegradáveis (RUB);
- Reciclagem de Resíduos de Embalagens: deverá ser garantida a reciclagem de, no mínimo, 70%, em peso, dos resíduos de embalagens;
- Deposição de RUB em aterro: até julho de 2020, os RUB destinados a aterro devem ser reduzidos para 35% da quantidade total, em peso, dos RUB produzidos em 1995.

Sintetizando, os indicadores a monitorizar no PERSU 2020 incluem os apresentados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 - Indicadores-chave a monitorizar no relatório de avaliação (PERSU 2020)**

Indicador	Valor de referência (2012)	Meta (2020)
<b>Quantidade de resíduos produzidos</b> (kg/hab.ano)	456	410
<b>Preparação para Reutilização e Reciclagem</b> (% de RU Recicláveis)	25	50
<b>Deposição RUB em aterro</b> (% de RUB produzidos)	62*	35
<b>Retomas de Recolha Seletiva</b> (kg/hab.ano)	33	47
<b>Preparação para Reutilização e Reciclagem por SGRU</b> (% de RU Recicláveis)	Dependente do SGRU	Dependente do SGRU (2020)
<b>Deposição RUB em aterro por SGRU</b> (% de RUB produzidos)	Dependente do SGRU	Dependente do SGRU (2020)
<b>Retomas de Recolha Seletiva por SGRU</b> (kg/hab.ano)	Dependente do SGRU	Dependente do SGRU (2020)

\* - Ano de 1995

A grande prioridade temática do PERSU 2020 assenta no desenvolvimento sustentável, englobando áreas como a eficiência de recursos, proteção do ambiente, prevenção e gestão de riscos e adaptação às alterações climáticas. Esta prioridade enquadra-se na visão dos resíduos como recursos, minimizando os seus impactes ambientais e aproveitando o seu valor socioeconómico, ou seja, numa lógica de economia circular.

Nesse contexto, as políticas da UE visam assegurar que os resíduos deverão ser geridos como um recurso, isto corresponde ao desenvolvimento e implementação de uma estratégia que incentiva a transição de uma economia linear, caracterizada pela extração de matéria-prima, produção, uso e descarte dos produtos quando se transformam em resíduos, para uma economia circular, onde os materiais são devolvidos ao ciclo produtivo através da reutilização, recuperação e reciclagem, baseada num modelo de desenvolvimento sustentável e nos princípios de uma economia verde, que garanta a

eficiência na utilização de recursos, uma economia de baixo carbono e o combate à redução dos recursos naturais.

A abordagem do resíduo como um recurso dá uma vantagem competitiva no posicionamento das empresas, acrescentando benefícios económicos tangíveis, proporcionados por um crescimento da criação de emprego, aumento das exportações e redução dos custos de negócio (Smart Waste Portugal, n.d.).

Com o Pacote da Economia Circular (PEC), aprovado em 2 de dezembro de 2015, a Comissão Europeia ambiciona fortalecer a competitividade da Europa a nível mundial, promover o crescimento económico sustentável, estimular a inovação e a criação de novos negócios e novos postos de trabalho. Para alcançar estes objetivos, os recursos deverão ser utilizados de uma forma mais inteligente e sustentável, os produtos deverão ser concebidos para terem maior durabilidade e serem mais facilmente reutilizados, reconicionados e reciclados, para se poderem manter na economia, e a produção resíduos deve ser reduzida.

As propostas relativas aos resíduos estabelecem uma visão clara e ambiciosa de longo prazo para aumentar a reutilização e reciclagem e reduzir a deposição em aterros, propondo simultaneamente medidas concretas para vencer os obstáculos no terreno em termos de melhoria da gestão dos resíduos e tendo em conta as situações que diferem consoante o Estado-membro.

Atualmente, a Europa tem um desaproveitamento de cerca de 600 milhões de toneladas de resíduos, que poderiam ser reciclados ou reutilizados e, em relação aos RU produzidos na UE, somente cerca de 40% são reciclados, valores que variam entre os 80% e menos de 5%, consoante o Estado-membro (EC, 2015).

Para facilitar a transição da Europa para uma economia mais circular, a Comissão apresenta no PEC de 2015 os seguintes objetivos e metas, a atingir até 2030 (EC, 2015):

- Aumentar a taxa de reciclagem dos RU para 65%;
- Aumentar a taxa de reciclagem dos resíduos de embalagens para 75%;
- Reduzir a deposição em aterro para, no máximo, 10% dos resíduos domésticos;
- Intensificar o seu trabalho com os Estados-membros no sentido de melhorar a gestão dos resíduos no terreno;
- Simplificar e aperfeiçoar as definições de resíduos e harmonizar os métodos de cálculo;
- Garantir que os fundos estruturais são utilizados para apoiar os objetivos da legislação da UE relativa aos resíduos e orientados pela hierarquia dos resíduos;

- Propor critérios mínimos de responsabilidade alargada do produtor, recompensando aqueles que colocam no mercado produtos mais ecológicos e que incentivam a sua valorização e reciclagem no final do ciclo de vida.

Estes objetivos e metas foram revistos pelo Parlamento Europeu em março de 2017, tendo sido aprovadas, provisoriamente, no dia 19 de dezembro de 2017, em Bruxelas, as seguintes novas metas: uma taxa de preparação para a reutilização e reciclagem de RU de 55% até 2025, 60% até 2030 e de 65% para 2035; um limite para a deposição de RU em aterro de 10% até 2035, com uma derrogação de cinco anos para os países que enviaram mais de 60% dos RU para aterro sanitário em 2013 (Perchard, 2017).

Este novo PEC vai exigir alterações em seis Diretivas, designadamente, a Diretiva-Quadro Resíduos (2008/98/CE, de 19 de novembro), a Diretiva de Embalagens e Resíduos de embalagens (94/62/CE, de 20 de dezembro), a Diretiva Aterros (1999/31/CE, de 26 de abril), a Diretiva dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (2012/19/EU, de 4 de Julho), a Diretiva dos Veículos em Fim de Vida (2000/53/EC, de 18 de Setembro) e a Diretiva das Pilhas e Baterias e dos Resíduos de Pilhas e Baterias (2006/66/EC, de 6 de Setembro).

Estes objetivos da economia circular, de aumento da preparação para reutilização e reciclagem dos resíduos, vão exigir uma maior participação dos cidadãos na deposição seletiva dos vários fluxos de resíduos e sistemas de recolha e transporte mais eficientes em termos ambientais, operacionais e económicos.

## 2.2. Evolução da contentorização e das viaturas de resíduos

A Revolução Industrial (séc. XVIII/XIX) provocou, tanto na Europa como nos Estados Unidos da América (EUA), um rápido desenvolvimento nas áreas de inovação de produtos, desenvolvimento de máquinas e comércio, grande concentração de pessoas em áreas urbanas, aumento do consumo e, consequentemente, um aumento das quantidades e perigosidade dos resíduos. Esta situação originou graves problemas de poluição ambiental e de saúde pública nas áreas urbanas, o que levou a muitos governos a assumirem a responsabilidade e a tomarem iniciativas de limpeza urbana e recolha dos resíduos, ou seja, deu-se início à designada "idade do saneamento" (Chappells e Shove, 1999).

Porém o desenvolvimento em Portugal foi um pouco mais tardio, na capital por exemplo só no início do século XX é que se tomaram as primeiras medidas de higiene e limpeza urbana.

De acordo com o historial da limpeza urbana em Lisboa, publicado no portal da Câmara Municipal de Lisboa (CML, 2017), no início do século XX (1907) os resíduos eram colocados às portas

das casas ou lojas, em caixas ou barris, como ilustrado na Figura 2.2, e o pessoal contratado para o efeito pela câmara recolhia-os para dentro de uma carroça. Em 1909 foi proposto o uso de caixas de zinco tapadas de 30 e 50 litros que deveriam ser recolhidas por carroças munidas de uma campainha que avisava os habitantes da sua passagem pelas respetivas ruas. No entanto, a proposta de utilização destes recipientes não teve grandes desenvolvimentos até meados do séc. XX.



**Figura 2.2 - Recolha de resíduos das habitações, início do séc. XX (CML, 2017)**

Por volta dos anos 30, resultou a mecanização da limpeza urbana, utilizando hipomóveis (Figura 2.3) para remoções num raio de ação não superior a 3 km e de veículos automóveis (Figura 2.4) para distâncias superiores (1<sup>os</sup> veículos de remoção motorizados). Os hipomóveis foram utilizados até finais dos anos 50, coexistindo com os primeiros veículos motorizados na remoção e lavagem de ruas, durante quase duas décadas. As viaturas, com o desenvolvimento da indústria automóvel, sofreram grandes melhorias na eficiência dos sistemas de recolha, passando os camiões a substituir os hipomóveis. Durante a 2<sup>a</sup> Guerra Mundial (1939-1945), devido às restrições no fornecimento de combustíveis e de todo o tipo de peças, parte das viaturas motorizadas ficaram imobilizadas, reativando os hipomóveis que já não estavam em uso (CML, 2017).



**Figura 2.3 - Hipomóvel da recolha de resíduos, anos 30 (CML, 2017)**



**Figura 2.4 - Camião de recolha de resíduos, anos 40/50 (CML, 2017)**

Na década de 50, a frota automóvel aumentou progressivamente e os transportes hipomóveis deixaram de ser empregues na recolha, e passaram a ser utilizados somente para a limpeza das estradas e abastecimento de água. Também em 1951 foi adotado o uso obrigatório de recipientes metálicos



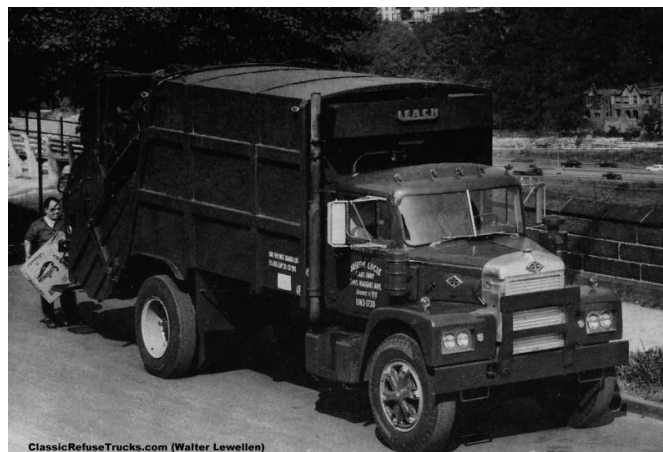
(Figura 2.5), todos numerados e registados (com 20 e 30 L de capacidade), evitando a dispersão de resíduos pela rua, e consequente propagação de doenças (CML, 2017).



**Figura 2.5 - Recipiente para resíduos, anos 50** (CML, 2017)

Mesmo com as restrições orçamentais do pós-guerra, o aumento da frota foi significativo. E em finais dos anos 60, foram adquiridos os primeiros veículos de recolha de resíduos do tipo rotativo e caixa de carga e a primeira viatura equipada com elevador de contentores (CML, 2017).

Em 1966, os hipomóveis entraram em desuso e em 1967 começou-se a usar os recipientes de deposição coletiva com a capacidade de 150 L que eram recolhidos por viaturas *Ochsner* (Figura 2.6) consideradas adequadas para elevarem e despejarem aqueles recipientes (CML, 2017).



**Figura 2.6 - Modelo *Ochsner*** (Walter Lewellen, 2010)

Entre 1978 e 1980 adotou-se um novo sistema de remoção de resíduos (Figura 2.7), com o objetivo de responder ao problema a curto e médio prazo. Por ventura a cidade passa a dispor de novos contentores para as habitações e papeleiras nas ruas para a deposição de papéis e pequenos resíduos, como se pode observar na Figura 2.8 (CML, 2017).



**Figura 2.7 - Remoção de resíduos, anos 80**  
(CML, 2017)



**Figura 2.8 - Equipamento de deposição de resíduos, anos 80** (CML, 2017)

No final dos anos 80 e durante a década de 90, o desenvolvimento social e económico do país originou um aumento e alteração dos hábitos de consumo que modificou a composição e a quantidade de resíduos produzidos. Foi nesta altura que se desenvolveram esforços para a melhoria da eficiência da recolha e para a deposição e recolha seletiva dos RU. No fim da década de 80, iniciou-se a recolha seletiva de vidro para reciclagem, através da colocação de vidrões na via pública (contentores do tipo “igloo”), como ilustrado na Figura 2.9, e em 1993 a CML lançou uma campanha de sensibilização para a reciclagem do papel e iniciou a recolha seletiva porta-a-porta (PaP) de papel, (CML, 2017).



**Figura 2.9 - Vidrão** (CML, 2017)

Em 1997, a CML instala os primeiros ecopontos, tal como está apresentado na Figura 2.10, atingindo-se em 1999 um universo de aproximadamente 1 000 unidades, e em 2005 dá início à recolha seletiva dos resíduos orgânicos de grandes produtores (*e.g.* restauração, hotelaria e comércio alimentar), e à colocação de ecoilhas em zonas com deposição coletiva (CML, 2017).



**Figura 2.10 - Ecoponto, anos 90** (CML, 2017)

À semelhança dos veículos de recolha de resíduos indiferenciados, os primeiros veículos de recolha de recicláveis começaram com a modificação de veículos já disponíveis para atender às necessidades específicas deste tipo de recolha. Os camiões planos com lados e divisórias removíveis são exemplo deste tipo de abordagem (Figura 2.11).

Uma outra evolução dos veículos de recolha, registada no final do século XX, foi a divisória da caixa para permitir a recolha simultânea de dois fluxos, indiferenciados e seletivos, com o objetivo de reduzir os custos da recolha e transporte, com sistema de elevação lateral automática dos contentores (Figura 2.12).



**Figura 2.11 - Veículo plano com lados e divisórias removíveis** (Hickman, 2003)



**Figura 2.12 - Veículo totalmente automatizado de recolha dupla, com corpo dividido** (Hickman, 2003)

Segundo Hickman (2003), no início do século XX, tanto em Inglaterra como nos EUA, os primeiros recipientes para a deposição dos RU eram contentores cilíndricos metálicos, com tampas de metal, que geralmente se encontravam nas traseiras das habitações, competindo aos operadores da recolha o seu transporte para esvaziamento para o veículo de recolha e a sua colocação novamente mesmo local. De acordo com a mesma fonte, na década de 1960 esta situação alterou-se, exigindo-se que fossem os proprietários a transportar as latas para o passeio, o que terá levado à adição de rodas aos contentores para facilitar o manuseamento.

Na década de 1960, em todas as cidades dos países desenvolvidos, começaram a ser instalados recipientes estrategicamente posicionados para simplificar a recolha dos resíduos, e os contentores passaram a ser normalizados e a disporem de rodas para facilitar o seu transporte pelas equipas de recolha (I'm Rubbish, 2013) (Figura 2.13).



**Figura 2.13 - Contentores com rodas** (Amazon UK, 2017)

Na década de 1980 foram desenvolvidos os primeiros contentores semi-subterrâneos, conhecidos como “*molok*”, nome da empresa que fez o primeiro modelo (Figura 2.14), que na atualidade são usados extensivamente em toda a Europa. Estes contentores têm uma geometria cilíndrica e foram desenvolvidos para a recolha por viaturas equipadas com grua. Parte da sua estrutura básica, o poço, está à superfície e outra parte enterrada abaixo da cota do terreno (2/3 subterrâneo). Por terem uma maior capacidade para a deposição dos resíduos, comparativamente aos contentores de superfície, permitem reduzir a frequência da recolha e, ao mesmo tempo, são esteticamente mais atraentes (I’m Rubbish, 2013).

Outras vantagens apontadas para este tipo de contentores dizem respeito à menor produção de odores devido ao facto da temperatura no subsolo se manter mais estável reduzindo o desenvolvimento de bactérias, à redução dos riscos de incêndio, ao menor custo da operação de recolha e ao menor espaço requerido à superfície comparativamente aos contentores de superfície, pois economiza-se 4 a 5 vezes mais espaço (Ward, 2017).



**Figura 2.14 - Recipiente *Molok*** (Molok, 2017)

Depois dos “*molok*” surgiram no mercado os contentores subterrâneos, onde 100% da capacidade de armazenamento se encontra abaixo da cota do pavimento (Rodrigues, 2016).

As viaturas de recolha também foram evoluindo em função dos desenvolvimentos tecnológicos e das necessidades requeridas para os serviços de recolha de resíduos, encontrando-se sujeitas a um conjunto de especificações, nomeadamente no que se refere aos seguintes aspetos (Hickman, 2003):

- Tamanho e capacidade da caixa da viatura, grau de compactação e retenção de compactação;
- Altura de carga, por questões de segurança dos trabalhadores, e eficiência do esvaziamento de recipientes de armazenamento;
- Dispositivos de descarga, destinados a minimizar o tempo gasto no local de descarga;
- Segurança e conforto das equipas de recolha;
- Aparência, onde as especificações começaram a detalhar cores, padrões de pintura, entre outros aspetos.

Paralelamente, no início dos anos 90, e com o objetivo de minimizar os custos de recolha das frotas comerciais de distribuição de produtos, foram desenvolvidas ferramentas que permitiam solucionar o problema de gestão das rotas de veículos (Rizzoli *et al.*, 2007 *apud* Rodrigues, 2016), baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que foram posteriormente aplicadas também à recolha de resíduos.

De acordo com Rodrigues (2016) “(...) a evolução dos sistemas de recolha tem sido estimulada pela necessidade de dar resposta às crescentes exigências decorrentes da evolução das políticas de gestão de resíduos, acompanhada por uma tendência no aumento da mecanização”.

Há semelhança do setor das águas, o modelo organizacional da gestão dos RU integra um setor em baixa e um setor em alta. O setor em baixa, que compreende os subsistemas de deposição, recolha e transporte, é assegurado atualmente, em Portugal Continental, por 259 as entidades gestoras, responsáveis pela recolha indiferenciada, das quais 27 também asseguram a recolha multimaterial. São essencialmente serviços municipais (231), sendo os restantes empresas municipais ou intermunicipais (18), serviços municipalizados ou intermunicipalizados (7), associações de municípios (2) e concessão municipal (1) (Lorena *et al.*, 2016).

O setor em alta, ou seja, ao nível do tratamento dos resíduos, é assegurado por 12 sistemas multimunicipais (a BRAVAL e onze que integram o universo EGF) e 11 intermunicipais, que para além da valorização e eliminação dos RU, têm também, na sua maioria, a seu cargo a recolha seletiva multimaterial (Lorena *et al.*, 2016).

Face ao exposto, a gestão dos RU em Portugal Continental é assegurada por 282 entidades, das quais 274 asseguram a recolha indiferenciada e/ou seletiva dos RU.

### 2.3. Aplicação das novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) aos sistemas de recolha de resíduos

#### 2.3.1. Considerações gerais

A tecnologia está a mudar a forma como comunicamos, como trabalhamos e como aprendemos. Através da tecnologia, as empresas tendem a procurar maneiras de reduzir custos, poupar mão-de-obra e aumentar a eficiência. É aqui que se encontra a “*Internet of things* - IoT” (Internet das Coisas) todo um espectro de tecnologias que se concentram em conectar itens no dia-a-dia. Para a indústria de gestão de resíduos e reciclagem, a interação máquina-a-máquina (M2M – *Machine-to-Machine*) é muito comum. A M2M é um subconjunto da IoT que permite a comunicação tanto de sistemas com fio como sem fio com outros dispositivos que possuem a mesma capacidade, descrevendo como os dispositivos podem capturar dados, trocar informações e executar ações sem assistência humana (Harmony, 2016).

M2M usa um dispositivo (*e.g.* sensor) para capturar um evento (*e.g.* nível de enchimento), que é enviado através de uma rede para uma aplicação (programa), que transforma o evento capturado em informação útil. Esta informação é transmitida para *backoffice* a fim de ser analisada. M2M torna mais fácil o estabelecimento da comunicação e reduz a quantidade de energia e tempo necessários para transmitir informação entre equipamentos.

Nas últimas décadas as tecnologias da informação e da comunicação (TIC) registaram um desenvolvimento notável. As TIC têm-se tornado cada vez mais importantes devido às crescentes necessidades de aquisição, identificação, comunicação, armazenamento e análise de dados em conexão com a computação rápida e paralela, de forma a lidar com os problemas complexos.

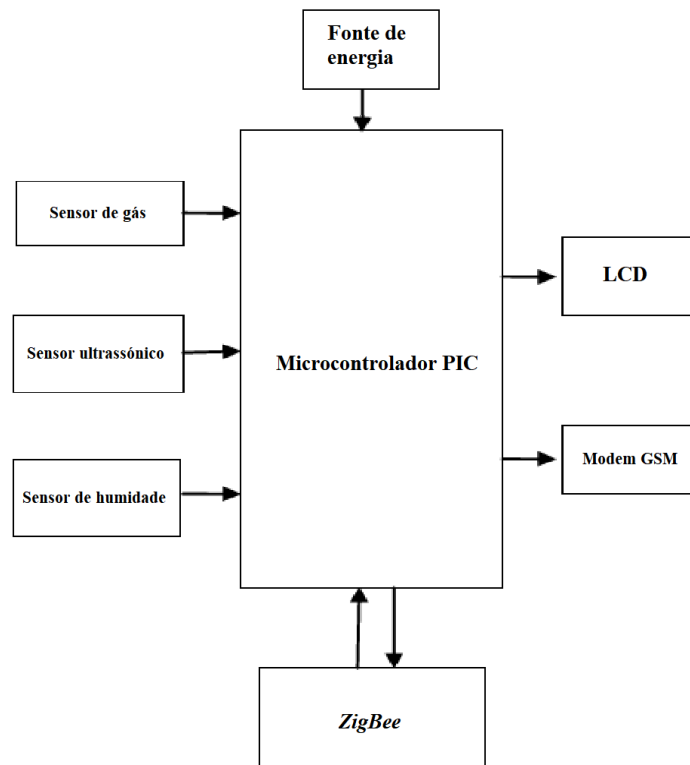
No que se refere à gestão de resíduos, o espectro da aplicação das TIC pode ser classificado em quatro categorias:

- I. Sistemas baseados em tecnologias espaciais, que são baseados nos sistemas de informação geográfica (GIS), nos sistemas de posição global (GPS) ou deteção remota como tecnologia principal; os operadores de gestão dos resíduos adotam esses sistemas para georreferenciar e monitorizar a localização dos contentores e dos veículos durante a recolha (Wilson *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2008; Zamorano *et al.*, 2009 *apud* Hannan *et al.* 2015);
- II. Sistemas baseados em tecnologias de identificação, em que as etiquetas de código de barras ou de identificação por radiofrequência (RFID) são instaladas nos sacos ou contentores de resíduos para rastrear a sua identificação e localização e adquirir dados sobre tempo de recolha (Chowdhury e Chowdhury, 2007, Kietzmann, 2008 *apud* Hannan *et al.* 2015);
- III. Tecnologias de aquisição de dados, baseadas em sistemas que contêm vários elementos sensoriais instalados nos contentores, tais como sensor de imagem, sensor de distância, sensor volumétrico, entre outros (Rovetta *et al.*, 2009 *apud* Hannan *et al.* 2015);
- IV. Tecnologias de comunicação de dados, que são normalmente usadas em todos os três tipos de sistemas anteriores para facilitar a transmissão de dados capturados ou analisados (Hannan *et al.*, 2015).

Na Figura 2.15 apresenta-se um exemplo da aplicação destas tecnologias. Segundo Lokhande (2016), o diagrama de blocos representa as componentes que são utilizadas no sistema, onde o sensor ultrassónico é usado para detetar o nível de enchimento, o sensor de humidade é usado para detetar a humidade dentro do contentor e o sensor do gás é usado para detetar os gases tóxicos gerados. Estes sensores detetam estes parâmetros e enviam as informações para o microcontrolador PIC (*Programmable Interface Controller*). Existe uma fonte de alimentação para o microcontrolador PIC para conduzir o sistema. O controlador PIC é usado para enviar a mensagem para a entidade competente,



através de *GSM - Global System for Mobile Communications* (Sistema Global para Comunicações Móveis) ou o *ZigBee* (Conjunto de especificações para a comunicação sem-fio). Estas duas tecnologias são usadas para transmissão de dados sem fio, a *GSM* a longas distâncias (35 000 m) e o *ZigBee* a curtas distâncias (100 – 400 m). Este sistema funciona em tempo real, permitindo exibir todas as informações referentes ao estado do contentor, no monitor do computador na interface gráfica.



**Figura 2.15 - Diagrama de blocos do sistema de gestão de resíduos** (adaptado de Lokhande, 2016)

Com um sistema deste tipo consegue-se, através da transmissão de informações sem fio, evitar, por exemplo, situações de contentores a transbordar de resíduos ou paragens inúteis da viatura junto de contentores vazios. Os dados podem ser recolhidos a qualquer hora e em qualquer lugar. Este sistema é muito útil para cidades inteligentes, permitindo tomar uma decisão imediatamente consoante os dados em questão.

Quando o sistema está em funcionamento, todas as informações relacionadas com o contentor são exibidas num ecrã LCD (*Liquid Crystal Display*), quando o nível de enchimento do contentor atinge um nível crítico é enviada uma mensagem SMS (*Short Message Service*) à entidade responsável pela gestão do sistema, por *modem GSM*, tal como ilustra a Figura 2.16. As mensagens SMS indicam, para além do nível de enchimento, a localização do contentor, a percentagem de humidade e percentagem de gás.



**Figura 2.16 - LCD do contentor** (Lokhande, 2016)

### 2.3.2. Tecnologias espaciais

As tecnologias espaciais são as TIC mais utilizadas em modelagem ambiental, sendo eficazes para lidar com informação espacial complexa e fornecer plataformas para a integração de vários modelos, inter-relações e subsistemas. Estas tecnologias podem ser classificadas em três tipos, designadamente, os sistemas SIG, GPS e DR (deteção remota) (Milla *et al.*, 2005 *apud* Hannan *et al.*, 2015). As principais funções deste tipo de tecnologia incluem a captura, armazenamento, análise e mapeamento de dados espaciais. Descrevem-se de seguida as principais características destas tecnologias espaciais e as suas aplicações aos sistemas de gestão de resíduos.

#### **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**

Os SIG são uma ferramenta computacional, que relaciona informação geográfica (localização de um determinado objeto) com informação descritiva (descrição das características), que é capaz de recolher, armazenar, agregar, analisar e exibir dados espaciais. Os dados são organizados em camadas (*layers*) sob a forma de mapa digital. A análise visual dos dados ajuda à identificação de padrões, tendências e relacionamentos que podem não ser visíveis inicialmente (Basagaoglu *et al.*, 1997 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

Em combinação com outras tecnologias os SIG são usados com sucesso em inúmeras aplicações, incluindo no setor da gestão de resíduos. São exemplos, a seleção de locais para a construção de infraestruturas de tratamento de resíduos ou localização de equipamentos de deposição, a otimização de circuitos, com base em dados históricos ou previsíveis, e o cálculo do consumo de combustível, das emissões de poluentes, da velocidade da viatura e da capacidade de carga da viatura ao longo do circuito (Hannan *et al.*, 2015). São ferramentas muito utilizadas no apoio à decisão.



## Sistemas de Posicionamento Geográfico (GPS)

Os GPS são sistemas globais de navegação que fornecem a informação da localização/posição, assim como informação horária, a partir de satélites e estações espaciais. O recetor GPS recebe sinais em qualquer momento, com base no mínimo de quatro satélites (Hannan *et al.*, 2015).

Os GPS, em combinação com outras tecnologias espaciais e de comunicação, especialmente com SIG, ajudam no rastreamento dinâmico dos circuitos de recolha, permitindo localizar contentores e veículos e medir os tempos e distâncias ao longo dos vários pontos dos circuitos. O uso de vários sistemas em conjunto, possibilita uma gestão/monitorização dos veículos e das tarefas executadas pelos operadores de recolha de resíduos.

### 2.3.3. Tecnologias de identificação

Neste grupo de tecnologias incluem-se, por exemplo, os códigos de barras e a identificação por radiofrequência (RFID), que nos últimos anos têm sido muito utilizadas nos sistemas de recolha de resíduos, como forma de resolver a necessidade de recolha manual de uma enorme quantidade de dados (Hannan *et al.*, 2015). Em seguida descrevem-se estas tecnologias e a sua aplicação nos sistemas de gestão de resíduos.

## Código de barras

Código de barras é um meio eletrónico de troca de dados que contém marca dicromática legível que codifica informações para a rotulagem de objetos, usando uma disposição de símbolos geométricos (Lu *et al.*, 2013 *apud* Hannan *et al.*, 2015). Normalmente, o código de barras é reconhecido para inserir dados num sistema informático. As barras são tipicamente pretas, num fundo branco, resultando numa combinação alternada de linhas pretas e brancas de diferentes espessuras, como ilustrado na Figura 2.17. As barras são usadas para representar os dígitos binários 0 e 1, cujas sequências, podem representar números de 0 a 9 e são processadas por um computador digital (Bar code, 2014). É um método muito simples e de baixo custo para gravação de informações em diversas aplicações.



Figura 2.17 - Código de barras (Bar code, 2014)

Em gestão de resíduos, o código de barras é utilizado, por exemplo, para identificar os proprietários dos contentores nos sistemas com tarifação tipo PAYT, e tem sido desenvolvido também para os processos de reciclagem inteligente. Esta tecnologia também é usada de forma a minimizar o desperdício, reduzir o espaço em aterro, o risco na gestão e facilitar a eliminação de resíduos (Hannan *et al.*, 2015).

### **Identificação por radiofrequência (RFID)**

A tecnologia RFID é uma tecnologia automatizada de recolha de dados que usa sinais de rádio para identificar automaticamente objetos e rastreá-los. A aplicação RFID permite rotular qualquer item com um *chip* que está ligado a uma antena, que atua como um canal de comunicação, e permite que o *chip* transmita as informações de identificação para um leitor, onde os sinais de rádio são convertidos em informações digitais que são posteriormente enviadas para computadores que processam os dados (Mwangi e Mburu, 2016).

O sistema RFID permite o reconhecimento fácil de vários itens (até 1 000 etiquetas por segundo) dentro de um raio alargado, entre 2 cm a 30 m ou mais (Finkenzeller, 2003 *apud* Hannan *et al.*, 2015). Contrariamente ao código de barras, a etiqueta RFID (Figura 2.18) não tem que estar dentro da linha de visão do leitor para funcionar (Padmapriya e Kumar, 2014 *apud* Mwangi e Mburu, 2016).

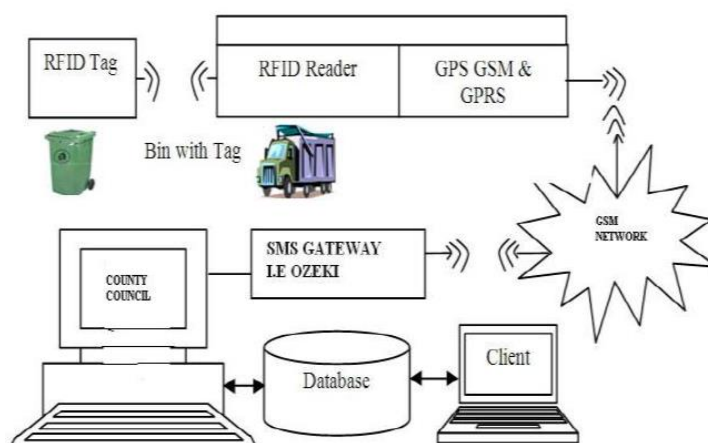


**Figura 2.18 - Etiqueta RFID** (Spark Fun, 2016)

Nos sistemas de gestão de resíduos as tecnologias RFID estão a ser amplamente utilizadas para a identificação e rastreamento de contentores, de veículos e das atividades dos motoristas, facilitando a implementação de sistemas de faturação do tipo PAYT (Hannan *et al.*, 2015). No caso dos sistemas PAYT, as etiquetas RFID são fixadas aos contentores proporcionando um identificador distinto, tendo todas as informações do proprietário ou utilizador do contentor (Hannan *et al.*, 2010 *apud* Mwangi e Mburu, 2016). As etiquetas RFID transmitem informações para um ou vários leitores RFID através de um canal de rádio. Os dados recolhidos das etiquetas RFID são combinados com um carimbo de data/hora, tipo de recipiente de resíduos, peso e informações do usuário. Esta transmissão é feita em diferentes frequências, com o leitor RFID requerendo um código de computador ou sinal para transmitir informações.

A Figura 2.19 ilustra um exemplo de um sistema automatizado de recolha de resíduos, utilizando a tecnologia RFID com o sistema GPS, o sistema SIG e o GSM, onde o sistema de computador é crítico para a tecnologia RFID, pelo que o leitor converte os dados das etiquetas RFID em dados digitais e canaliza-os para um computador. O sistema de computador armazena os dados de identificação de *tag* num banco de dados para comandar ações adicionais. O leitor e o computador estão interligados via cabos ou rádio (Mwangi e Mburu, 2016).

Os dados são enviados para o banco de dados principal através do canal de comunicação GPRS (*General Packet Radio Service*). A câmara *web* embutida em cada viatura de recolha tira foto antes e após a recolha do contentor. Todas essas comunicações sem fio são feitas usando a tecnologia GPRS para enviar e receber pacotes de dados (Qin *et al.*, 2008 *apud* Shafiqul Islam *et al.*, 2012).



**Figura 2.19 - "Arquitetura" do sistema RFID** (Mwangi e Mburu, 2016)

Com base nas informações documentadas, podem ser gerados relatórios regulares, avaliações do desempenho do serviço de recolha e identificação das áreas que precisam de intervenção para melhorar a produtividade da recolha (Mwangi e Mburu, 2016).

A venda de etiquetas RFID tem subido nos últimos anos e espera-se que aumente significativamente até 2020. A título de exemplo, na Alemanha 20% dos serviços de recolha de resíduos utilizam sistemas RFID (Mwangi e Mburu, 2016).

Um exemplo da aplicação desta tecnologia em Portugal, é o caso do projeto-piloto PAYT de Condeixa-a-Nova, que se encontra a decorrer no âmbito do Projeto LIFE-PAYT. Durante o projeto vão ser distribuídos aos produtores não domésticos contentores para seu uso exclusivo, identificados com um *chip* RFID. Na altura da recolha, a informação do *chip* é lida por um sensor de radiofrequência adicionado ao veículo de recolha e os dados são transmitidos por GPRS para uma plataforma centralizada, onde serão processados. O volume de resíduos medido é incluído na fatura a enviar no final do mês ao proprietário do contentor. A identificação dos contentores através de um sistema RFID

é essencial para garantir a rastreabilidade, monitorizar a quantidade de resíduos produzida e otimizar as rotas de recolha (LIFE-PAYT, 2016).

### Código de barras *versus* RFID

Os códigos de barras e o sistema RFID são tecnologias bastante similares, uma vez que ambas são destinadas a fornecer informação, rápida e confiável, de identificação e rastreamento de itens (Wyld, 2010). A principal diferença entre as duas é a forma como “traduzem” os objetos. Nos códigos de barras, o dispositivo de leitura digita uma etiqueta impressa com laser ótico ou tecnologia de imagem. No caso da tecnologia RFID, o dispositivo de leitura usa sinais de radiofrequência.

Na Tabela 2.2 indicam-se as principais diferenças específicas entre estas duas tecnologias. Comparativamente ao código de barras, as tecnologias RFID têm as seguintes vantagens (Wyld, 2005 *apud* Wyld, 2010):

1. Cada etiqueta RFID pode ter um código exclusivo que, em última instância, permite que todos os itens marcados sejam individualmente contabilizados;
2. A RFID permite que a informação seja lida por sinais de rádio a partir de uma etiqueta, sem requerer a análise da linha de visão ou a intervenção humana, portanto o erro é menor;
3. A RFID permite a leitura praticamente simultânea e instantânea de múltiplas etiquetas;
4. As etiquetas RFID podem conter quantidades muito superiores de informações, que podem ser atualizadas;
5. As etiquetas RFID são muito mais duráveis e, conseqüentemente, podem ser mais económicas.

**Tabela 2.2 - Comparação entre código de barras e RFID** (adaptado de Wyld, 2010)

Tecnologia de código de barras	Tecnologia RFID
Só podem ser lidos individualmente	Múltiplas etiquetas RFID podem ser lidas simultaneamente
Não podem ser lidos se ficarem sujos ou danificados	São capazes de lidar com ambientes agressivos e sujos
Devem estar visíveis para serem registrados	São ultrafinas, podem ser impressas num rótulo e podem ser lidas mesmo quando escondidas dentro de um item (sem linha de visão)
Só podem identificar o tipo de item	Podem identificar um item específico
As informações do código de barras não podem ser atualizadas	As informações eletrónicas podem ser substituídas repetidamente em etiquetas RFID
Devem ser rastreados manualmente para a identificação do item, fazendo com que o erro humano seja um problema	Podem ser rastreadas automaticamente, eliminando erros humanos

#### 2.3.4. Tecnologias de aquisição dados

Com o rápido desenvolvimento das tecnologias de aquisição de dados, a aquisição manual está a ser gradualmente substituída pela automática devido à sua alta eficiência, custos operacionais a longo prazo inferiores e menor necessidade de mão-de-obra (Lu *et al.*, 2013 *apud* Hannan *et al.*, 2015). Estas tecnologias possibilitam a perceção dos objetos alvo de forma eficaz e quantitativa, e são cruciais para aplicações em que a aquisição de dados em tempo real é um requisito fundamental (Faccio *et al.*, 2011 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

As tecnologias de aquisição de dados são classificadas em duas categorias, como sensores e imagem. De seguida apresenta-se uma breve descrição das tecnologias de aquisição de dados e a sua aplicação nos sistemas de gestão de resíduos

##### 2.3.4.1. Sensores

Um sensor é um dispositivo que mede características do mundo real, tais como propriedades físicas ou químicas, e converte-as em sinais que podem ser diretamente observados ou registados por outro dispositivo (Fraden, 2004 *apud* Hannan *et al.*, 2015). É composto principalmente por dois elementos, o de deteção e o transdutor. O elemento de deteção percebe ou responde passivamente a uma quantidade medida. O elemento de transdução converte aquela medida num sinal equivalente adequado para processamento (*e.g.* elétrico, mecânico ou ótico), embora atualmente sensores comuns convertam a quantidade medida num sinal elétrico (Fraden, 2004 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

Dos vários tipos de sensores para deteção rápida e captura de dados e monitorização ambiental de sistemas de gestão de resíduos, os sensores mais comuns são os utilizados para a medição do nível de enchimento de contentores, para a otimização de circuitos, para os processos de seleção e triagem de resíduos, para a monitoração de parâmetros de diversas instalações de tratamento de resíduos, entre outras aplicações (Hannan *et al.*, 2015).

Para Lokhande (2016), um contentor inteligente é um contentor que tem sensores, nomeadamente sensor ultrassónico, para detetar o nível de enchimento, sensor de gás, para detetar a produção de gases tóxicos, e sensor de humidade, para detetar a humidade no contentor, que enviam a informação recolhida para o microcontrolador de PIC. O microcontrolador PIC dará indicação enviando um SMS usando a tecnologia GSM. Os contentores são interconectados com o sistema central que mostra o estado dos contentores de resíduos numa interface gráfica do usuário.

Descrevem-se de seguida as características e o funcionamento deste tipo de sensores.

Os **sensores ultrassónicos** utilizam sinais sonoros para medir a distância entre o sensor e um objeto. Quando colocados nos contentores (Figura 2.20) detetam qualquer tipo de resíduos e transmitem os dados através de redes móveis para uma plataforma, dando assim informação sobre o nível de enchimento do contentor, o que permite ao operador decidir sobre o momento ideal para proceder ao esvaziamento dos resíduos.

O sensor ultrassónico é um módulo de baixo custo e bastante popular, e a deteção conseguida é de curto e longo alcance.



**Figura 2.20 - Ilustração do sensor ultrassónico** (Juutinen, 2016)

Na plataforma de *software* (Figura 2.21) é possível a visualização da capacidade de cada contentor por um sistema de cores, a cor verde significa que o recipiente de resíduos ainda tem muito espaço e a cor vermelha dá um sinal ao operador de que a recolha é necessária. Esta informação, associada a um programa de otimização, permite prever tempos de recolha, utilizando dados históricos, e desenhar circuitos otimizados e dinâmicos (Juutinen, 2016).

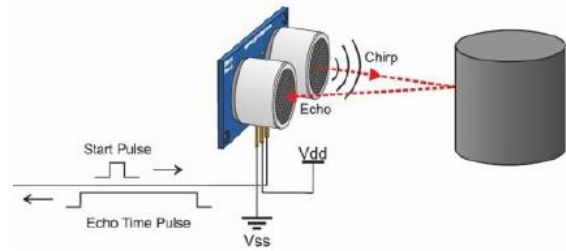


**Figura 2.21 - Plataforma de software** (Juutinen, 2016)

O módulo deste sensor (Figura 2.22), é composto por transmissor, recetor ultrassónico e circuito de controlo. O princípio de funcionamento do sensor ultrassónico (Figura 2.23) baseia-se na criação de pulsos de som curtos e de alta frequência em intervalos de tempo específicos, que se propagam através do ar e à velocidade do som, onde ao atingir um objeto as ondas sonoras são refletidas e recebidas como sinal de eco. O intervalo de tempo entre o sinal de transmissão e a receção do eco permite calcular a que distância se encontra o alvo (Lokhande, 2016).

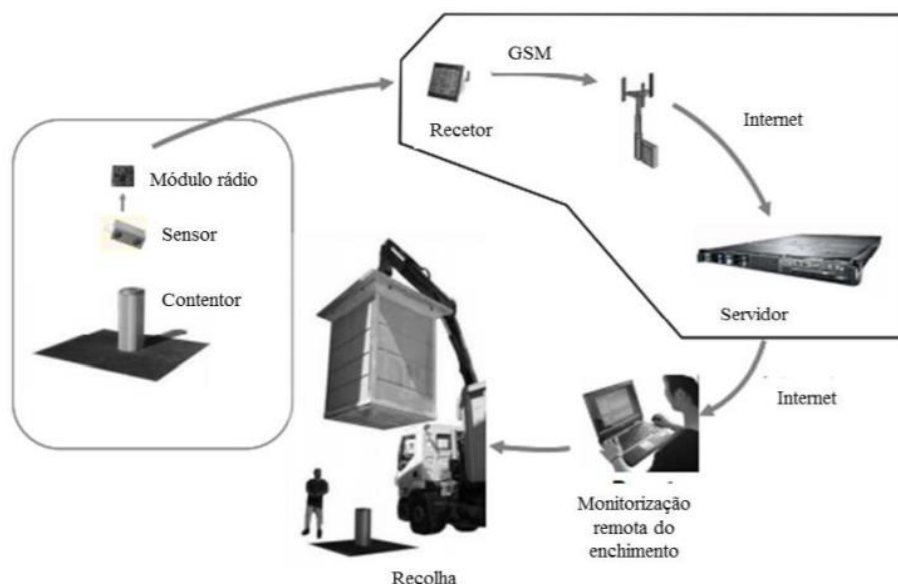


**Figura 2.22 - Módulo de sensor ultrassónico (HC-SR04)** (Lokhande, 2016)



**Figura 2.23 - Princípio do sensor ultrassónico** (Lokhande, 2016)

O estudo realizado por (Lelah *et al.* 2012 *apud* Correia, 2016) utilizou sensores ultrassónicos que permitiam a medição do volume no interior de contentores de vidro através do efeito de *Doppler* - medição da diferença entre a onda enviada e a onda recebida. Essa tecnologia transmite via GSM para uma antena, permitindo fazer chegar ao servidor central e calcular as rotas de recolha do contentor (Figura 2.24).



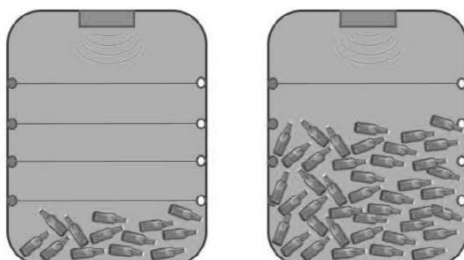
**Figura 2.24 - Sistema de monitorização do enchimento de contentores com sensores ultrassónicos** (Correia, 2016)

Os **sensores óticos** ou fotoelétricos têm como princípio de funcionamento o uso da propagação da luz. Este tipo de sensor é utilizado geralmente na medição da distância entre um objeto e o sensor.

A luz emitida pelos sensores óticos pode ser de diferentes tipos e cada tipo é indicado para uma determinada aplicação. A luz vermelha é indicada para deteção de objetos opacos de médio e grande porte, como caixas de papelão e embalagens não metalizadas. A luz laser é utilizada para deteções mais precisas envolvendo objetos de pequeno porte, devido ao feixe de emissão da luz ser estreito e direcionado. E por último, a luz infravermelha é utilizada quando há a necessidade de se detetar objetos transparentes, como vidro, garrafas de plástico entre outros objetos.



Foi realizado um estudo onde se utilizaram sensores com infravermelhos para monitorizar o enchimento de contentores. Cada contentor tinha instalado quatro díodos de sensores que quando interrompidos (por resíduos depositados) indicavam o enchimento do contentor (Figura 2.25) (Johansson, 2006 *apud* Correia, 2016).



**Figura 2.25 - Sensor com infravermelhos** (Correia, 2016)

O nível do enchimento do contentor era analisado a cada hora, através da leitura dos sensores, onde quando o terceiro sensor era acionado, seguia-se uma mensagem via GSM que alertava o operador. A interrupção do quarto, e último sensor, enviava uma nova mensagem de alerta. No entanto, a presença de um objeto de grande porte (p.e. cartão que tape o quarto sensor) mas que não encha o contentor, pode introduzir falso alarme, e ser acionado o alarme de recolha, apesar do contentor se encontrar praticamente vazio, constituindo assim uma desvantagem deste tipo de sensor.

Apesar das vantagens, a tecnologia de infravermelhos apresenta a desvantagem de não permitir uma leitura contínua da informação uma vez que a avaliação é feita, neste caso, em períodos horários.

De acordo com Juutinen (2016), os sensores apresentam as seguintes cinco grandes vantagens, quando instalados nos contentores para medir o nível de enchimento:

1. Permite decisões inteligentes baseadas em dados - os sensores de nível do enchimento fornecem aos usuários a capacidade de conhecer o nível de enchimento de cada recipiente de resíduos em tempo real permitindo que, a partir de uma plataforma de monitorização, possam planear com antecedência circuitos de recolha só para os contentores com uma determinada quantidade de resíduos (Figura 2.26);



**Figura 2.26 - Funcionamento do sistema de sensor de enchimento** (Juutinen, 2016)



2. Reduzem as emissões de CO<sub>2</sub> e a poluição - ao permitirem desenhar circuitos com paragens apenas nos contentores que se encontram cheios, os sensores contribuem, para a redução do número de viaturas ou de quilómetros a percorrer pelas viaturas, o que se traduz num menor consumo de combustível, menos emissões de gases de efeito estufa, menos ruído, menos poluição do ar e menos desgaste das estradas;
3. Reduzem os custos operacionais - a redução do número de viaturas e quilómetros percorridos, pode representar uma redução nos custos operacionais de recolha de resíduos até 50%, quando usados em conjunto com uma plataforma de monitorização de nível de enchimento, em resultado da diminuição do número de horas de trabalho da equipa (motoristas e assistentes operacionais), combustível e manutenção das viaturas;
4. Evitam que os resíduos transbordem dos contentores - a recolha dos contentores que se encontram quase cheios, evita situações de transbordo e acumulação dos resíduos nos passeios e, consequentemente, reduz os riscos para a saúde pública, causados por bactérias, insetos, roedores e outros vetores de doenças;
5. Fácil instalação e conservação - a instalação de sensores em contentores de resíduos é rápida e fácil, podendo ser instalados em qualquer tipo de contentor e em qualquer tipo de condições climáticas, e não exige manutenção durante a sua vida útil, dado que em condições normais, a duração da bateria poderá ser superior a 10 anos.

**Os sensores de humidade** medem a humidade no interior do contentor, transmitindo essa informação ao microcontrolador de PIC que dá a indicação, via SMS usando a tecnologia GSM, ao serviço de recolha informando que o contentor necessita de atenção urgente (Lokhande, 2016).

**Os sensores de gás** (Figura 2.27) detetam a presença de determinados gases como, por exemplo, CO (monóxido de carbono), H<sub>2</sub> (hidrogénio), CH<sub>4</sub> (metano) e álcool. Ao enviarem essa informação para o controlador, permitem alertar para os contentores de resíduos que estão a desenvolver cheiros desagradáveis e emissões de gases tóxicos, para os quais é prioritária a sua recolha. Estes sensores são de simples utilização e têm uma boa e rápida resposta para a deteção de gases (Lokhande, 2016).



**Figura 2.27 - Sensor de gás** (Lokhande, 2016)

### 2.3.4.2. Tecnologia de Imagem

A tecnologia de imagem é a atividade de deteção, captura, armazenamento, manipulação e visualização de imagens digitais, através da síntese de sensores de imagem e processamento pós-digital. A imagem é utilizada para extrair alvos ou detetar eventos a partir de imagens digitais (Arebey *et al.*, 2012 *apud* Hannan *et al.*, 2015). Os dados de imagem podem recorrer a diferentes formas, como vigilância por vídeo, câmara ou *scanner*.

Arebey *et al.*, 2012, *apud* Hannan *et al.*, 2015, desenvolveram um modelo de deteção do nível de enchimento do contentor baseado numa abordagem de **matriz de coocorrência** de nível de cinza, que foi testado em Bangi, na Malásia. Os pontos fortes deste sistema são a incorporação de novos modelos de classificação para a deteção, a monitorização e a gestão do nível de enchimento do contentor. No entanto, o modelo explora os dados produzidos apenas a partir de um tipo específico de dispositivo de aquisição de dados e não considera as informações do contentor em tempo real para o agendamento da recolha e planeamento de rotas.

Na Tabela 2.3 apresentam-se alguns exemplos da aplicação das tecnologias que utilizam a imagem para aquisição automática de dados aos sistemas de recolha e triagem de resíduos. No caso específico da recolha, são utilizadas câmaras, instaladas nos contentores ou nas viaturas, que permitem, pela análise das imagens digitais adquiridas por câmara, otimizar circuitos e fazer um melhor planeamento das rotas (Hannan *et al.*, 2015).

**Tabela 2.3 - Resumo das aplicações de tecnologias de imagem aos sistemas de recolha e triagem de resíduos** (adaptado de Hannan *et al.*, 2015)

Referências	Tecnologia utilizada	Objetivo da aplicação	Metodologia	Domínio funcional
(Scott, 1995)	Espectrómetro	Triagem de resíduos plásticos	Filtro fixo simples de duas cores próximo ao espectrómetro infravermelho, juntamente com o circuito de proporção	Triagem rápida e eficaz de resíduos plásticos
(Van Den Broek <i>et al.</i> , 1997)	Sistema de imagem espectroscópica	Triagem de resíduos plásticos	Imagem adquirida através da utilização de imagens quase-infravermelhas, seguidas de classificação supervisionada e análise discriminante linear	Monitoramento remoto de resíduos plásticos pós-consumo vindos dos resíduos urbanos
(Apaydin e Gonullu, 2007)	Câmara de vídeo	Otimização de percurso	Câmara de vídeo para captura de recolha de resíduos e análise de dados de GPS e SIG	Otimização do percurso da recolha de resíduos
(Rovetta <i>et al.</i> , 2009; Vicentini <i>et al.</i> , 2009)	Ultrassónico, câmara, LED, sensor de pressão e de extensómetro	Otimização de recolha	Uma câmara pequena, um sensor ultrassónico e LEDs são instalados na parte superior do contentor, e os sensores de pressão e extensómetro são colocados na parte inferior seguida de TIC	Recolha de dados do estado do contentor para monitorização, mapeamento e planeamento das atividades de recolha dos resíduos urbanos
(Wagland <i>et al.</i> , 2012)	Câmara digital	Triagem de resíduos sólidos	Imagem adquirida por uma câmara, seguida de análises	Estimativa da composição dos resíduos
(Arebey <i>et al.</i> , 2012; Hannan <i>et al.</i> , 2012)	Câmara	Monitorização de recolha	Veículos equipados com câmara, outros TIC e servidor remoto com aplicação de processamento de imagem	Monitorização do estado do contentor de resíduos sólidos de modo a melhorar o sistema de recolha de resíduos

### 2.3.5. Tecnologias de comunicação de dados

Previamente às tecnologias de comunicação modernas e à *Internet*, as comunicações de dados eram executadas geralmente por disquetes e discos compactos, CD-ROM (*Compact Disc Read-Only Memory*). O rápido desenvolvimento de tecnologias de comunicação com ampla difusão da *Internet* abriu oportunidades para transmitir dados instantaneamente a partir de um local. A *Internet* pode lidar com diferentes tipos de protocolos de comunicação e ligar diferentes tipos de *Wide Area Network* (WAN). Acesso de fio de cobre, de fibra ótica e acesso sem fio são os três tipos de tecnologias utilizadas para comunicação remota via *Internet*. As tecnologias de comunicação sem fio são as principais, quando se trata da gestão de resíduos, incluindo *Sistema Global de Comunicações Móveis (GSM)*, *Sistema Geral de Pacote por Rádio (GPRS)* e *Rádio de Frequência Muito Alta (VHFR)* para comunicação de longo alcance, e *Wi-Fi*, *ZigBee* e *Bluetooth*, para comunicação de curto alcance (Hannan *et al.*, 2015).

O sistema **GSM**, é um conjunto padrão desenvolvido pela ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) para descrever protocolos para redes digitais de segunda geração (2G) usadas por telemóveis. É utilizado como serviço de transmissão de dados, onde as taxas de transmissão de dados são restritas a 9,6 Kbps e leva vários segundos para a conexão. O **GPRS** é considerado um tipo de rede 2.5G que é um serviço de suporte para GSM que melhora o acesso sem fios a redes de dados por pacotes, por exemplo, à *Internet*. Para transferir pacotes de dados, o GPRS encaminha-os diretamente para redes com comutação de pacotes baseadas no protocolo *Internet* e *X.25* (Bettstetter *et al.*, 1999 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

O modem GSM (Figura 2.28) tem um cartão SIM (*Subscriber Identity Module*) que envia um SMS para o usuário quando ocorre algum erro. Estes módulos são utilizados no envio e receção de alertas SMS e MMS (*Multimedia Messaging Service*) (Mahajan e Chitode, 2014).



**Figura 2.28 - Modem GSM** (Lokhande, 2016)

A vantagem deste modem é a possível utilização tanto para fins de comunicação como para aplicações avançadas incorporadas (*e.g.* SMS, dados transferidos). O GSM é usado para a transmissão de dados sem fio, através das ondas de rádio, e encontra-se conectado ao microcontrolador PIC. O GSM é um dispositivo de baixo custo e fornece serviços de mensagens curtas (Lokhande, 2016).

O **VHFR** (rádio de frequência muito alta) é uma tecnologia de comunicação que tem uma largura de banda de 30 - 300 MHz, dentro de comprimentos de onda de 10 - 1 m. Tem uma taxa de dados máxima de 64 Kbps enquanto cobre uma distância máxima de 10 000 m. As aplicações comuns do VHFR são na radiodifusão de rádio FM, comunicação de dados de longo alcance, comunicação marítima, radiodifusão televisiva e comunicação privada, empresarial ou militar, podendo ser utilizada no sistema de gestão de resíduos urbanos (Seybold, 2005 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

Os sistemas GPS e GPRS são amplamente aplicados em sistemas de monitorização e gestão dos veículos e navegação. A integração da tecnologia SIG e GPS pode exibir e rastrear a posição do veículo em mapas digitais. A função automática de relatórios, de pontos de recolha de resíduos e dos serviços de monitorização de veículos são conseguidos pelo módulo GPS com a combinação da tecnologia GPRS. O mapeamento através do sistema SIG é utilizado para analisar dados de vários locais, o que permite ajudar na tomada de decisão sobre a seleção do local para a descarga dos resíduos transportados pelas viaturas. Simultaneamente, o servidor SIG é atualizado usando os dados armazenados no sistema. A câmara *web* captura sempre a imagem no momento e após a recolha de resíduos e armazena esses dados na estação central, para uso futuro. Ao analisar esses dados, o operador responsável pela recolha de resíduos pode alterar a sua estratégia de gestão de circuitos ou de seleção de locais de descarga dos resíduos, por exemplo (Shafiqul Islam *et al.*, 2012).

O sistema integrado funciona com veículo inteligente, plataforma de monitorização, rede de comunicação e um sistema de processamento de imagem com interface gráfica do utilizador. As informações, tais como a identificação do contentor, a data da recolha de resíduos e a identificação da viatura, são lidas pelo leitor de RFID. As imagens obtidas pela câmara são processadas para examinar o estado do contentor e a quantidade estimada de resíduos (*e.g.* vazio, cheio ou a transbordar). A localização é fornecida pelo módulo GPS que está conectado no veículo, juntamente com o leitor RFID e o módulo GSM e GPRS. Todas essas informações são combinadas e enviadas para a estação de controlo via GSM e GPRS. A estação de controlo compila todas as informações e armazena-as no banco de dados do sistema (Shafiqul Islam *et al.*, 2012). O estado do contentor e os dados do veículo são geridos como ilustrado na Figura 2.29.



**Figura 2.29 - Sistema Central de Monitorização** (Shafiqul Islam *et al.*, 2012)

Todas as informações, como ID (Identificação Documental) da viatura, nome do motorista, localização, velocidade do veículo, data e hora de recolha são recebidas na estação de controlo via GSM e GPRS e armazenadas no banco de dados do sistema. O processamento de imagem e análise de histograma, estimativa de resíduos, estado do compartimento, identificação do contentor, entre outras informações, são discutidos no sistema de monitorização de veículos. Todo o processamento é realizado no servidor de controlo através da interface gráfica do usuário (Shafiqul Islam *et al.*, 2012).

A rede GPRS transmite informações recolhidas do módulo GPS para o centro de controle IP-fixo na *Internet*. A resposta do sistema é rápida o suficiente para instalações de monitorização em tempo real, pois as taxas de transferência de dados são de até 160 Kbps no sistema de comunicação GPRS (Shafiqul Islam *et al.*, 2012).

Resumindo, os sistemas integrados de RFID, GPS, GPRS, SIG e câmeras *web* são introduzidos para aumentar a eficiência e reduzir o custo da recolha de resíduos. O sistema desenvolvido fornece um banco de dados melhorado para o tempo de recolha de resíduos e quantidade de resíduos em cada local. O sistema também contribui para realocar a localização do contentor e criar novas rotas de recolha. O sistema de comunicação GSM proporciona uma taxa de transmissão de dados elevada para monitorização em tempo real (Shafiqul Islam *et al.*, 2012).

A tecnologia **ZigBee** foi desenvolvida pela *ZigBee Alliance*, uma associação de empresas que trabalham em conjunto para desenvolver padrões para redes sem fio confiáveis, económicas e de baixo consumo energético (Zigbee, 2008 *apud* Hannan *et al.*, 2015). As ligações sem fio podem operar-se em três bandas de frequências, a velocidades de dados de cerca de 250 Kbps (Hannan *et al.*, 2015).

A *ZigBee* usa a frequência de rádio de 2,4 GHz para fornecer uma variedade de padrões confiáveis e fáceis de usar em qualquer lugar do mundo. Na malha de rede, os dispositivos *ZigBee* são geralmente utilizados para transmitir dados ou informações a curta distância (até 400 m). As aplicações que exigem bateria de longa duração e baixa taxa de dados usam a tecnologia *ZigBee*, porque esta, como já referido, possui uma taxa de 250 Kbps, que é a melhor taxa para transmissão de sinal único e é mais adequado para dados periódicos ou intermitentes (Mahajan e Chitode, 2014).

O funcionamento deste sistema está ilustrado na Figura 2.30, o sensor ultrassónico é colocado na tampa do contentor, deteta o nível de enchimento e comunica ao controlador através da tecnologia *ZigBee*. O recetor de *ZigBee* recebe o comando e mostra a condição do contentor no LCD e no computador. A mensagem seria que “o contentor *x* está completamente cheio, por favor recolha-o”. Ao mesmo tempo, a mesma mensagem (do enchimento do contentor) é enviada para o telemóvel do condutor, via SMS (Mahajan e Chitode, 2014).



**Figura 2.30 - Tecnologia ZigBee para o contentor de resíduos** (Mahajan e Chitode, 2014)

A **Wi-Fi** é uma tecnologia de comunicação sem fio de curto alcance que é amplamente utilizada na conexão móvel da rede doméstica e de pequenos escritórios por causa da sua flexibilidade e mobilidade. Nos últimos anos, o número de pontos de acesso **Wi-Fi** tem aumentado espontaneamente. Isso torna as aplicações da rede sem fio mais convenientes e eficientes. Há vários padrões diferentes de **Wi-Fi**, mas o mais conhecido opera na faixa de 2,4 GHz e tem uma taxa de dados máxima de 54 Mbps, enquanto a distância máxima é de 250 m (Guo *et al.*, 2012 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

O **Bluetooth** é uma tecnologia sem fio de comunicação que elimina a necessidade de ligações por cabo entre dispositivos, como telemóveis ou computadores portáteis. Opera em bandas de 2,4 - 2,5 GHz, tem uma largura de banda de 1 MHz e cobre uma distância máxima de 30 m (Bisdikian, 2001 *apud* Hannan *et al.*, 2015).

A maioria dos sistemas de gestão de resíduos baseia-se nos três tipos de tecnologias, isto é, espaciais, de identificação ou de aquisição de dados e necessitam de transmitir dados de um dispositivo final para uma estação de controlo ou vice-versa. Os dados adquiridos devem ser transmitidos à estação de controlo para posterior processamento, análise, utilização e exibição. Por outro lado, vários comandos para controlar ou diagnosticar, precisam de ser transmitidos para os dispositivos finais responsáveis pela aquisição de dados. Para aplicações do sistema de gestão, as tecnologias de comunicação sem fio são usadas principalmente para comunicação de dados.

Na Tabela 2.4 apresentam-se algumas características importantes das tecnologias de comunicação usadas em sistemas de gestão de resíduos. Como ilustrado na tabela, as tecnologias de comunicação de longo alcance como GSM, GPRS e VHFR, bem como as tecnologias de comunicações de curto alcance, como o **Wi-Fi**, **ZigBee** e **Bluetooth**, foram adotadas por diversos sistemas de recolha de resíduos e sistemas de gestão.



**Tabela 2.4 - Resumo das tecnologias comuns de comunicação de dados utilizadas nos sistemas de gestão de resíduos** (adaptado de Hannan *et al.*, 2015)

Tecnologia de comunicação	Tipo de comunicação	Largura de banda	Taxa de dados	Limite de cobertura (m)	Referência (exemplo sistema de RU utilizados)
GSM	Comunicação de longa distância	200 kHz	9,6 Kbps	35 000	(Boustani <i>et al.</i> , 2011; Isoaho e Peltoniemi, 2004; Johansson, 2006; Mcleod <i>et al.</i> , 2013; Purohit e Bothale, 2011)
GPRS	Comunicação de longa distância	200 kHz	76 - 172 Kbps	25 000	(Ali <i>et al.</i> , 2012; Faccio <i>et al.</i> , 2011; Friedlos, 2005; O'connor, 2007; Rovetta <i>et al.</i> , 2009; Vicentini <i>et al.</i> , 2009; Wilson e Vicent, 2008)
VHFR	Comunicação de longa distância	30 - 300 MHz	16 - 64 Kbps	10 000	(Lee e Thomas, 2014)
Wi-Fi	Comunicação de curta distância	22 MHz	54 Mbps	250	(Chowdhury e Chowdhury, 2007; Hong <i>et al.</i> , 2014)
Bluetooth	Comunicação de curta distância	1 MHz	1 Mbps	8 - 30	(Friedlos, 2005; O'connor, 2007)
Zigbee	Comunicação de curta distância	0,3/0,6 MHz, 2 MHz	250 Kbps	100 - 400	(Catania e Ventura, 2014; Longhi <i>et al.</i> , 2012)

### 2.3.6. Problemas e desafios das TIC

Até ao momento, vários tipos de TIC têm sido utilizados para melhorar o sistema de gestão de resíduos, contudo, o número limitado de publicações sobre estes assuntos indica que é um campo ainda em desenvolvimento, sendo necessários novas pesquisas e aplicações ao setor dos resíduos. A identificação e análise dos benefícios e das limitações dos diferentes sistemas, aplicados à gestão e recolha de resíduos, fornecem pistas para linhas de investigação necessárias para sistemas mais robustos.

Tendo por base numa extensa revisão bibliográfica de TIC aplicadas à gestão de resíduos, Hannan *et al.* (2015) identificaram as seguintes limitações e os correspondentes desafios a superar :

- Os estudos existentes abordam apenas parte das tecnologias, como espaciais, de identificação ou de aquisição de dados. A integração destes três tipos de tecnologias, juntamente com as tecnologias de comunicação, pode resolver todos os aspetos de um sistema de gestão de resíduos de forma mais eficiente, considerando a complexidade, o custo, a robustez e os impactos ambientais;
- As pesquisas existentes baseiam-se principalmente em dados estatísticos parciais, relativos à produção, recolha ou reciclagem. A ausência de dados de base em tempo real é a principal limitação para o planeamento e a conceção de um sistema de gestão de resíduos eficiente; dados sobre o nível de enchimento dos recipientes, a origem, o volume e/ou peso dos resíduos são desconhecidos para muitos sistemas, pelo que a conceção e desenvolvimento de contentores

- inteligentes, com uma integração adequada de tecnologias de aquisição de dados, como sensores e/ou câmeras, e com RFID para rastrear a identificação de cada contentor, são necessárias;
- Para os sistemas de gestão de resíduos existentes, na maioria dos casos, os sistemas são incapazes de fornecer informações do estado do contentor em tempo real, alguns sistemas podem fornecer dados de tipo semirreal com certos atrasos;
  - Poucos estudos exploram o potencial das TIC para a separação de resíduos no ponto de origem, ou seja, no próprio contentor, o que ajudaria a implementar sistemas de reciclagem mais eficientes e fáceis, e com menores exigências depois nas estações de triagem; os desafios para resolver nesta área incluem, por exemplo, a dificuldade em desenvolver um sistema universal que consiga detetar e separar todo tipo de categorias presentes nos resíduos;
  - São ainda poucos os sistemas de recolha que se baseiam numa programação dinâmica dos circuitos de recolha porque, na sua maioria, são incapazes de fornecer informações sobre o estado do contentor em tempo real; a combinação apropriada de TIC, o recurso à inteligência artificial, juntamente com a programação matemática, podem ajudar a resolver este desafio;
  - A maior parte das pesquisas existentes não considerou os impactes ambientais, diretos e indiretos, do uso das TIC. O principal desafio a superar será assim a produção e utilização de serviços e sistemas TIC com menores impactes ambientais ao longo do seu ciclo de vida.



### 3. METODOLOGIA

Com o objetivo de avaliar que tipos de TIC estão a ser implementados em Portugal Continental nos sistemas de recolha de RU, quais as experiências e expetativas futuras dos responsáveis e técnicos pela gestão de RU, desenvolveu-se e aplicou-se um inquérito por questionário, dirigido a todos os técnicos ou entidades que têm a seu cargo sistemas de recolha de RU.

O questionário, cuja cópia se apresenta no Anexo I, inclui os seguintes seis grupos de variáveis:

- **Caracterização e identificação das entidades inquiridas** - nome da entidade que responde ao questionário (B1), concelho abrangido (B2), entidades responsáveis pelas recolhas indiferenciada e seletiva, multimaterial e de resíduos orgânicos (B3 a B5);
- **Caracterização do serviço** - número e tipologia de circuitos (C1), tipo e número de recipientes (C2 e C3), tipo e número de viaturas (C4), número e categorias dos funcionários afetos à recolha de RU (C5), percentagem das despesas com a gestão de RU afeta à recolha (C6), existência ou previsão da implementação de um sistema de tarifação do tipo PAYT e suas características (C7, C8 e C9);
- **Identificação dos equipamentos e tecnologias TIC existentes ou a adquirir** - número de circuitos que têm sacos/contentores com equipamentos para a sua identificação ou georreferenciação (D1), tipologia de equipamentos instalados nos sacos ou contentores para a sua identificação (D2 e D3), medição do nível de enchimento (D4) e tipo de sensores (D5 e D6), número de viaturas equipadas com algum tipo de tecnologia para leitura dos contentores e comunicação (D7), existência de algum sistema/programa para otimização de circuitos e suas características (D8 e D9) ou para a gestão integrada de todo o sistema de recolha (D10 e D11);
- **Opiniões dos inquiridos sobre as TIC** - fatores que facilitam ou dificultam a implementação de TIC e principais problemas (D12, D23, D24, D25, D26 e D27), critérios considerados mais relevantes para a seleção de TIC (D13, D14, D16, D31, D32 e D34), características a serem melhoradas nas TIC e nos serviços prestados pelos fornecedores e serviços adicionais requeridos (D15, D17, D18 e D33);
- **Crenças em relação aos benefícios das TIC** - benefícios alcançados ou expetáveis face à situação de referência (D19, D20, D35 e D36), expetativas e realidade face ao período de retorno do investimento (D21, D22 e D37);
- **Prioridades para as TIC e recolha de RU e expetativas da generalização das TIC a curto prazo** - prioridades em relação ao tipo de TIC a adquirir (D28, D29 e D30), prioridades a curto prazo para a recolha de RU (E1) e expetativas em relação à generalização das TIC aplicadas à recolha de RU (E2).

O questionário foi construído numa plataforma *online*, plataforma de questionários da *LimeSurvey*, adotado pela FCT NOVA, tendo sido enviado por *e-mail* uma mensagem/convite para 274 entidades de recolha de RU em Portugal Continental, registadas na ERSAR.

A mensagem explica os objetivos do estudo, apela à importância da colaboração de todos para o preenchimento do questionário, indica o *link* de acesso ao questionário, bem como os contactos para esclarecimentos ou dúvidas.

O questionário esteve disponível *online* a partir do dia 7 de julho de 2017, tendo-se indicado como prazo limite o dia 5 de novembro de 2017. Após esta data, e no sentido de se obterem mais respostas, foram reforçados os apelos à participação, por contacto telefónico a todas as entidades que não tinham respondido. Das 274 entidades contactadas, responderam ao questionário as 123 indicadas no Anexo II.

As respostas ao questionário foram codificadas e introduzidas na base de dados, e o seu tratamento estatístico, análise descritiva, foi realizado através do programa *Microsoft Office Excel*.

Algumas questões do questionário realizado tiveram por base um outro questionário realizado pela *Bobit Business Media* (“*Fleet Management Technology Report*”) em 2017, e patrocinado pela *GPS Insight*, uma fornecedora de tecnologia de topo de *software* GPS, ao qual responderam 614 empresas americanas, dos mais diversos setores, que têm a seu cargo frotas (GPS Insight, 2017). As perguntas adaptadas deste questionário estão ilustradas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 - Questões do questionário adaptadas do Relatório “*Fleet Management Technology Report*”**

Questionário (Anexo I)
“Se já utilizam (ou pensam vir a utilizar) algum tipo de equipamentos/tecnologias nos circuitos de recolha, o que facilitou (ou pode facilitar) a sua implementação?” (questão D12) e “Porque razão ainda não implementaram ou generalizaram a utilização de equipamentos/tecnologias de gestão e otimização do serviço de recolha?” (questão D27)
“Face à sua experiência, o que recomendaria a um colega que estivesse a seleccionar equipamentos/produtos para a recolha de RU?” (questão D13)
“Se fosse agora, o que teria feito (ou exigido) de diferente ao(s) seus fornecedor(es)?” (questão D14) e “O que exigiria ao(s) seu(s) fornecedor(es)?” (questão D31)
“Quais são as características que considera deverem ser melhoradas para os produtos (equipamentos/tecnologias/programas) que visam a gestão “ <i>smart</i> ” dos circuitos” (questão D15)
“Qual considera ser o fator mais importante para os serviços de telemática aplicada à recolha de RU?” (questão D16) e (questão D32)
“Que serviços adicionais gostaria de ter da parte dos fornecedores de equipamentos/tecnologia/programas destinados à recolha integrada e inteligente?” (questão D17) e (questão D33),
“O que considera ser o aspeto a ser melhorado pelo seu fornecedor?” (questão D18) e “Quais considera serem os critérios mais importantes para a escolha de um fornecedor de telemática?” (questão D34)

(continua)

**Tabela 3.1 - Questões do questionário adaptadas do Relatório “*Fleet Management Technology Report*”**  
(continuação)

Questionário (Anexo I)
“Que serviços adicionais gostaria de ter da parte dos fornecedores de equipamentos/tecnologia/programas destinados à recolha integrada e inteligente?” (questão D17) e (questão D33),
“O que considera ser o aspeto a ser melhorado pelo seu fornecedor?” (questão D18) e “Quais considera serem os critérios mais importantes para a escolha de um fornecedor de telemática?” (questão D34)
“Face à situação de referência (SR), quais foram os benefícios alcançados após a implementação de novas tecnologias e/ou programas?” (questão D19) e “Face à situação de referência (SR), quais foram os benefícios acredita poderem resultar da implementação de novas tecnologias e/ou programas?” (questão D35)
“Quais eram as suas expetativas iniciais em relação ao número de anos de retorno do investimento feito em telemática?” (questão D21), “Na prática, o retorno completo do investimento foi (ou será) conseguido após quantos anos?” (questão D22) e “Qual acredita poder ser o número de anos de retorno de um investimento completo em telemática aplicada à recolha de RU?” (questão D37)
“Quais são as suas expetativas em relação à generalização das TIC no setor da recolha de RU em Portugal?” (questão E2)

Para algumas questões realizou-se também uma análise comparativa entre as respostas obtidas neste questionário, com os resultados do questionário realizado pela *Bobit Business Media*, comparando assim a realidade de Portugal com a dos Estados Unidos da América.

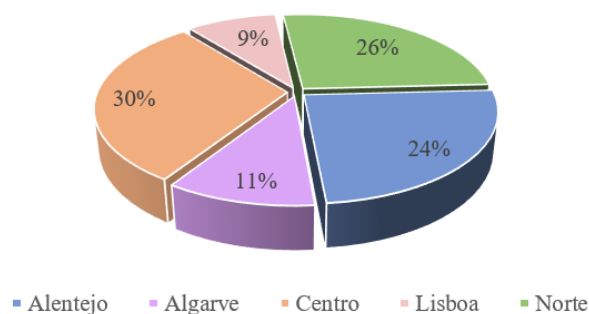


## 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1. Caracterização e identificação das entidades inquiridas

Das 274 entidades contactadas, responderam ao questionário 123, ou seja, a taxa de resposta foi de 45%, com a seguinte distribuição: 101 serviços municipais (CM), 9 empresas municipais, 5 serviços municipalizados, 4 empresas intermunicipais, 3 empresas multimunicipais e 1 associação de municípios.

Na Figura 4.1 apresenta-se a distribuição da amostra pelas cinco regiões, conforme a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos, NUT II (Figura 4.2), correspondendo 30% da amostra à região Centro (taxa de resposta de 41%), 26% à região Norte (taxa de resposta de 38%), 24% à região do Alentejo (taxa de resposta de 48%), 11% à região do Algarve (taxa de resposta de 65%) e 9% à Área Metropolitana de Lisboa (taxa de resposta de 63%).



**Figura 4.1 - Distribuição da amostra de inquiridos por Regiões de Portugal Continental**



**Figura 4.2 - NUT II (INE, 2015)**

Com o mesmo intuito foi feita a análise da distribuição da amostra por distritos (Figura 4.3), tal como se verifica na Figura 4.4, apresenta-se a distribuição da amostra pelos 18 distritos de Portugal Continental, correspondendo à Tabela 4.1:

**Tabela 4.1 - Distribuição da amostra de inquiridos por distrito e respetivas taxas de resposta**

Distrito	Percentagem do total da amostra (%)	Taxa de resposta (%)	Distrito	Percentagem do total da amostra (%)	Taxa de resposta (%)
Aveiro	7	47	Leiria	6	41
Beja	4	33	Lisboa	7	56
Braga	3	25	Portalegre	4	33
Bragança	1	50	Porto	9	50

(continua)

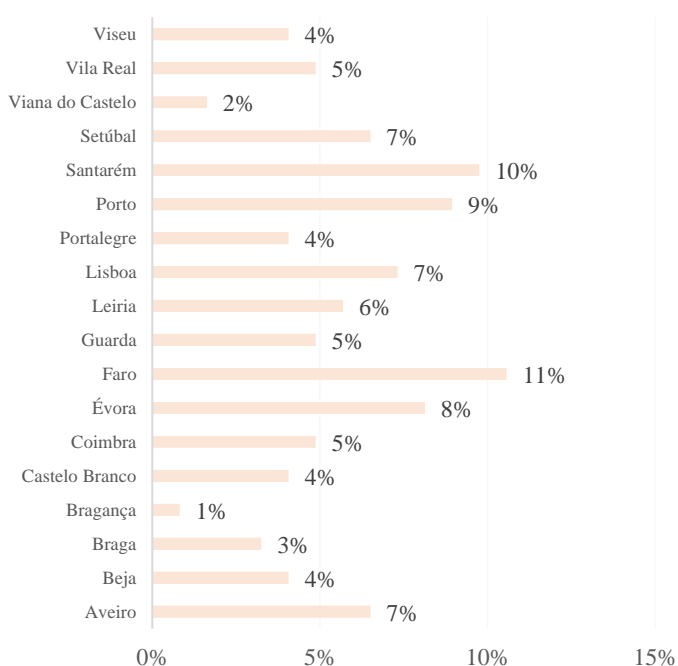
**Tabela 4.1 - Distribuição da amostra de inquiridos por distrito e respetivas taxas de resposta (continuação)**

Distrito	Percentagem do total da amostra (%)	Taxa de resposta (%)	Distrito	Percentagem do total da amostra (%)	Taxa de resposta (%)
Castelo Branco	4	38	Santarém	10	52
Coimbra	5	38	Setúbal	7	50
Évora	8	67	Viana do Castelo	2	17
Faro	11	65	Vila Real	5	43
Guarda	5	50	Viseu	4	42

Assim os mais representativos são os distritos de Faro, Santarém, Porto, Évora, Lisboa, Aveiro e Setúbal, com maior percentagem de respostas.



**Figura 4.3 - Distritos de Portugal Continental**  
(adaptado de Wikipédia, 2018)



**Figura 4.4 - Distribuição da amostra de inquiridos por distrito**

As entidades responsáveis pela recolha dos resíduos indiferenciados (questão B3) e pela recolha seletiva multimaterial (questão B4), são maioritariamente as próprias câmaras municipais (CM), como se pode observar na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 - Recolha por tipo de entidade**

Tipologia da Entidade	Recolha de Indiferenciados	Recolha Seletiva Multimaterial	Recolha de Orgânicos
Associação de Municípios (1)	1	1	1
Câmara Municipal (76)	76	8	41
Câmara Municipal e Prestador de Serviços (2)	1	1	0
Câmara Municipal – Verdes (1)	0	0	1
Empresa privada (2)	0	1	1
Empresa Pública Municipal (10)	10	1	4
Junta de Freguesia (1)	1	1	1
Não aplicável	5	0	59
Prestador de Serviços (21)	21	2	2
Serviço Intermunicipalizado (1)	1	1	1
Serviço Municipalizado (5)	5	1	4
Sistema Intermunicipal (1)	1	25	2
Sistema Intermunicipal e Prestador de Serviços (2)	1	1	0
Sistema Multimunicipal	0	0	1
Sistema Municipal	0	81	0

Nas tabelas do Anexo II (Tabela 0.1 - Tabela 0.) podem-se observar as entidades em maior pormenor, divididas por região.

Para a recolha dos resíduos orgânicos (questão B5), somente 6% (8 entidades) dos questionados é que possuem entidades responsáveis para a recolha deste tipo de resíduos. Estas entidades resumem-se à CM da Póvoa de Varzim (região Norte), CM de Silves (região do Algarve), CM da Marinha Grande, que só recolhe resíduos verdes (região Centro), da região do Alentejo as Câmaras Municipais de Ferreira

do Alentejo, Mourão e Santiago do Cacém, e da região de Lisboa a EMAC (Empresa Municipal de Ambiente de Cascais, E.M., S.A.) e a CM do Seixal.

## 4.2. Caracterização do serviço

### 4.2.1. Número de circuitos de recolha de resíduos urbanos

Na Tabela 4.3 apresenta-se o número de circuitos de recolha, total e por tipo de circuito, que os inquiridos das 123 entidades indicaram existir no respetivo concelho (questão C1). Na mesma tabela apresentam-se também, para cada tipo de recolha, o número médio e o número máximo de circuitos reportados pelas entidades inquiridas.

Do total dos circuitos de recolha reportados (8 852), 77% são circuitos de recolha de resíduos indiferenciados, 6% de papel/cartão, 10% de vidro, 6% de plástico/metall e 1% de orgânicos. Estes valores totais, por tipo de resíduo recolhido, não batem certo com o somatório do número de circuitos desagregados por tipo de recolha, provavelmente porque nessa desagregação ou foram esquecidos alguns circuitos ou não há conhecimento dos circuitos divididos nestas categorias. De qualquer forma, o tipo de sistema de recolha predominante é o coletivo, quer no caso da recolha indiferenciada, quer no caso das recolhas seletivas, sendo a recolha porta-a-porta ainda pouco expressiva.

**Tabela 4.3 - Número total, médio e máximo de circuitos de recolha de RU reportados pelas entidades inquiridas, por tipologia de recolha**

	Nº total			Nº por porta-a-porta (moradias/prédios baixos)			Nº por porta-a-porta (alto porte)		
	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade
Indiferenciados	6 797	15,8	403	156	2,1	35	45	0,7	35
Papel/cartão	541	6,8	93	59	1,2	29	7	0,2	1
Vidro	907	11,3	468	28	0,6	9	6	0,2	1
Plástico/metall	489	6,19	74	34	0,7	9	7	0,2	1
Orgânicos	118	1,31	39	40	0,7	34	0	0	0
	Nº circuitos coletivos			Nº por ecoilhas			Nº por ecopontos		
	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade
Indiferenciados	591	7,0	42	273	4,3	211	0	0	0
Papel/cartão	138	3,2	64	45	1,3	19	923	18,8	303
Vidro	129	3,1	64	45	1,3	19	1 313	26,3	461
Plástico/metall	132	3,1	64	45	1,3	19	927	18,9	303
Orgânicos	20	0,4	5	8	0,2	5	5	0,1	2



#### 4.2.2. Número de circuitos de recolha com sistema de deposição por sacos

Na Tabela 4.4 apresenta-se o número de circuitos com sistema de deposição por sacos (questão C2), os quais representam cerca de 19% do total do número de circuitos reportados (8852). Face ao número total de circuitos reportados por tipo de resíduo recolhido, a recolha por sacos corresponde a 22% dos circuitos de recolha de indiferenciados, 9% da recolha de papel/cartão, 6% da recolha de vidro, 12% da recolha de plástico/metalo e 35% da recolha de orgânicos.

Normalmente, nos bairros históricos, com ruas e passeios estreitos, são utilizados sacos de plástico para a deposição dos diferentes fluxos de resíduos.

**Tabela 4.4 - Número total, médio e máximo de circuitos de recolha de RU com deposição por sacos**

	Nº total	Nº médio/entidade	Nº máximo/entidade
Indiferenciados	1 503	36,7	1 143
Papel/cartão	50	3,1	10
Vidro	41	3,7	10
Plástico/metalo	52	3,3	10
Orgânicos	59	9,8	39

#### 4.2.3. Número e tipo de contentores de recolha de RU

Atualmente, na União Europeia, os contentores destinados à deposição de resíduos obedecem às normas EN 840 e EN 12574, para o fabrico, dimensões e *design*, critérios de desempenho, métodos de ensaio e requisitos de saúde e segurança (Rodrigues, 2016).

Quanto à sua posição no terreno, os contentores podem ser classificados em contentores de superfície, semi-subterrâneos ou subterrâneos. Os contentores têm que estar adaptados aos sistemas de elevação e localização da tremonha de descarga das viaturas, ou seja, podem ser contentores adaptados para a recolha traseira, lateral ou por grua.

De acordo com as respostas obtidas por questionário (Tabela 4.5), quanto ao tipo de contentor, face à sua posição no terreno (questão C3), os inquiridos reportaram um total 256 872 contentores, sendo 94% de superfície, 2% semi-subterrâneos e 4% subterrâneos. Já em relação ao tipo de sistema de elevação, o número total de contentores reportados foi de 177 823, com a seguinte distribuição, 79% de recolha traseira, 2% de recolha lateral e 18% de recolha com grua. Os contentores de superfície são os predominantes, quer para as recolhas indiferenciadas (96%), quer para as recolhas seletivas (89% papel/cartão; 87% vidro; 87% plástico/metalo; 89% orgânicos), mas em relação ao sistema de elevação, e porque na recolha seletiva multimaterial predominam os ecopontos, com recolha de viaturas equipadas

com grua, a distribuição já não é tão uniforme. Relativamente ao sistema de recolha, na recolha de indiferenciados, 94% dos contentores são de superfície, 3% são semi-subterrâneos e 3% subterrâneos, para o papel/cartão estes valores são de 40%, 1% e 59%, respetivamente, para o vidro são de 32%, 4% e 65%, respetivamente, para o plástico/metalo são de 41%, 1% e 58%, respetivamente, e para os orgânicos são de 98%, 0,1% e 1%, respetivamente.

**Tabela 4.5 - Número total, médio e máximo de contentores, por tipologia de contentores**

	Contentor de superfície			Contentor semi-subterrâneo			Contentor subterrâneo		
	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade
Indiferenciados	191 341	1 822,3	20 908	2 964	37,5	329	4 040	49,9	779
Papel/cartão	16 051	222,9	2 608	332	6,5	85	1 693	27,8	902
Vidro	16 430	231,4	2 736	358	7,2	85	2 057	34,9	904
Plástico/metalo	15 572	219,3	2 664	329	6,6	85	2 047	34,7	897
Orgânicos	3 258	56,2	1 162	6	0,1	3	394	8,0	363
	Contentor de recolha traseira			Contentor de recolha lateral			Contentor de recolha com grua		
	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo / entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade
Indiferenciados	121 469	1 380,3	18 266	3 245	44,5	1 248	3 891	52,6	779
Papel/cartão	6 161	136,9	2 071	191	4,4	159	9 078	159,3	3 006
Vidro	4 919	114,4	1 894	562	13,4	400	10 050	182,7	3 393
Plástico/metalo	6 577	153,0	1 950	162	4,0	159	9 244	168,1	3 008
Orgânicos	2 237	44,7	1 162	3	0,1	3	34	0,7	28

Como se pode observar, o total dos contentores de cada tipo de resíduos para o tipo de recolha e para o sistema de recolha não coincidem, devido à falta de precisão pelos dados fornecidos pelos inqueridos.

#### 4.2.4. Número e tipo de viaturas de recolha

Os veículos de recolha de RU podem-se classificar em função de diferentes critérios, nomeadamente quanto ao método de descarga, ao tipo de sistema de elevação dos contentores e respetiva localização, e ao sistema de transferência dos resíduos da tremonha de receção para o interior da caixa. As viaturas podem ter também um sistema de compactação dos resíduos, que permite aumentar a capacidade de carga da viatura, contribuindo para a diminuição do número de deslocações da viatura até ao local de descarga. Menos circuitos significam menos quilómetros de estrada, menos combustível,

menos emissões de gases com efeito de estufa, menos poluição sonora e desgaste da estrada. Portanto a existência de um grande número de viaturas compactadoras, principalmente para os resíduos indiferenciados, é muito positivo.

Como se pode observar na Tabela 4.6, foram reportadas pelos inquiridos um total de 1 199 viaturas de recolha (questão C4), sendo 56% para a recolha dos indiferenciados, 13% para a recolha do papel/cartão, 10% para a recolha do vidro, 12% para a recolha do plástico/metalo e 8% para a recolha dos orgânicos.

Em relação à distribuição do número de viaturas por tipologia de viatura, constata-se que na recolha indiferenciada e na recolha de orgânicos, predominam as viaturas com compactador de recolha traseira (76% e 88%, respetivamente). Na recolha de indiferenciados, 8% das viaturas são de caixa aberta com grua, 76% das viaturas são compactadoras de recolha traseira e 16% são viaturas compactadoras com grua, na recolha de papel/cartão estes valores são de 20%, 40% e 40%, respetivamente, para o vidro são de 42%, 41% e 17%, respetivamente, para o plástico/metalo são de 22%, 36% e 42%, respetivamente, e para os orgânicos são de 5%, 88% e 6%, respetivamente

**Tabela 4.6 - Número e tipo de viaturas de recolha de RU, por tipologia de viatura**

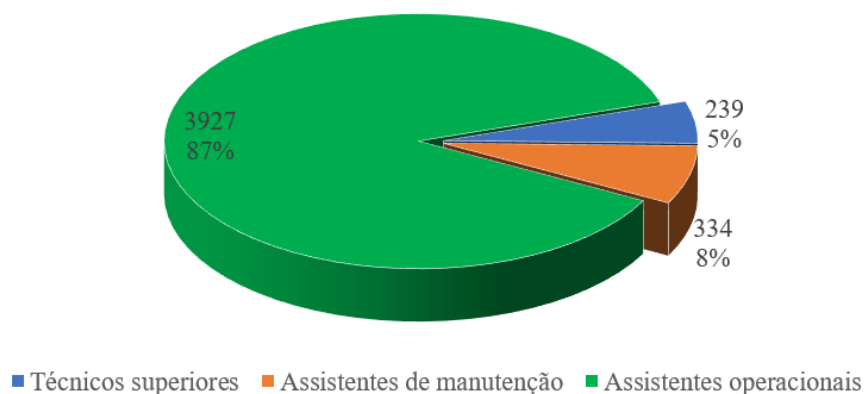
	Nº total de viaturas	Viaturas de caixa aberta com grua			Viaturas com compactador de recolha traseira			Viaturas com compactador com grua		
		Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade	Nº total	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade
Indiferenciados	675	55	0,7	12	511	5,2	49	109	1,4	10
Papel/cartão	157	31	0,6	3	63	1,4	49	63	1,2	15
Vidro	124	52	0,9	6	51	1,2	49	21	0,5	8
Plástico/metalo	148	32	0,6	3	54	1,2	49	62	1,2	15
Orgânicos	95	5	0,1	2	84	1,3	49	6	0,1	0,1

#### 4.2.5. Funcionários ao serviço de recolha

A dimensão das equipas de recolha depende da política da entidade responsável e do tipo de sistema viatura-contentor. Por exemplo, na recolha de indiferenciados com viatura de recolha traseira, a equipa pode ter três elementos, o motorista e dois assistentes operacionais (antigos cantoneiros). Já na recolha de contentores semi-subterrâneos ou subterrâneos com viatura com grua, a dimensão da equipa pode reduzir-se a dois elementos, um dos quais o motorista, e na recolha lateral, com contentores de superfície com roletes (que permitem o deslizamento durante a operação de recolha), pode ser assegurada apenas pelo motorista, já que se trata de uma recolha totalmente automática.

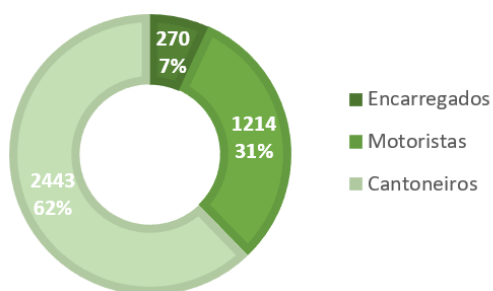
Para além dos motoristas e cantoneiros, que estão incluídos na carreira de assistentes operacionais, encontram-se afetos ao serviço de recolha e transporte de resíduos outros funcionários, designadamente os das carreiras técnicas e os assistentes de manutenção.

Os inquiridos reportaram um total de 4 500 funcionários, afetos ao serviço de recolha e excluindo a limpeza pública (questão C5), dos quais 87% são assistentes operacionais, 8% assistentes de manutenção e 5% técnicos superiores (Figura 4.5).

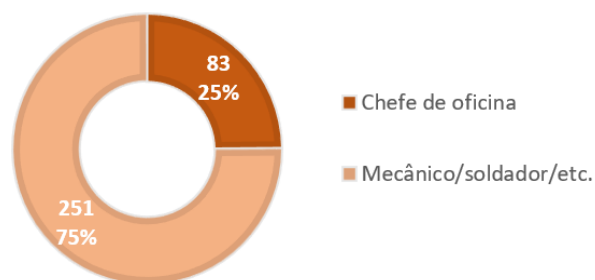


**Figura 4.5 - Número e distribuição dos funcionários afetos ao serviço de recolha de RU, por categorias profissionais**

Do total de 3 927 assistentes operacionais, 7% são encarregados, 31% motoristas e 62% cantoneiros (Figura 4.6). Relativamente aos 334 assistentes de manutenção, 25% são chefes de oficina e os restantes 75%, exercem as mais diversas profissões, como mecânico, soldador, entre outros (Figura 4.7).



**Figura 4.6 - Assistentes operacionais**



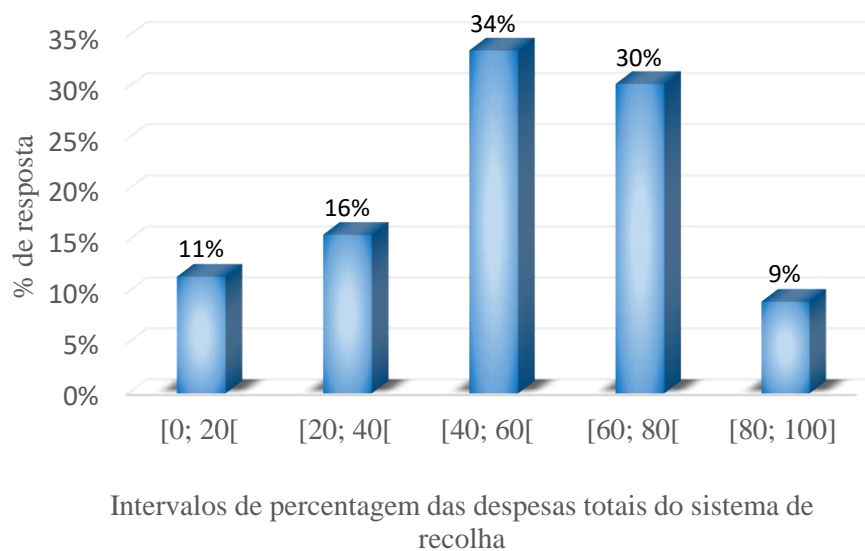
**Figura 4.7 - Assistentes de manutenção**

#### 4.2.6. Despesas com o sistema de recolha de resíduos

A distribuição das respostas dadas pelos inquiridos à questão “Considerando as despesas totais com a gestão dos RU (recolha e tratamento) só o sistema de recolha representa que percentagem aproximada dessas despesas?” (questão C6), apresenta-se na Figura 4.8. Como se pode observar, dos 96% (120 entidades), 34% dos inquiridos afirmaram que a recolha correspondia a 40 a 60% das despesas totais, 30% indicaram o intervalo de 60 a 80%, 16% o intervalo de 20 a 40%, 11% indicou valores inferiores a 20% e 9% valores iguais ou superiores a 80% dos custos globais. Ou seja, para cerca de 40% dos inquiridos as despesas com a componente de recolha dos RU têm um peso igual ou superior a 60% dos custos globais da gestão dos RU, o que é muito significativo.

Estas variações podem relacionar-se com a atividade principal da entidade que respondeu ao questionário. Por exemplo, as câmaras, as empresas municipais e os sistemas municipalizados têm geralmente a seu cargo apenas a recolha dos indiferenciados, enquanto que os sistemas multimunicipais e intermunicipais têm a seu cargo as recolhas seletivas, que são em menor número, mas têm os sistemas de tratamento.

Os custos operacionais dos sistemas de recolha de RU podem ser reduzidos com a implementação de tecnologias e programas de otimização.



**Figura 4.8 - Percentagem da despesa do sistema de gestão de RU afeta à componente de recolha**

#### 4.2.7. Existência e previsão de algum sistema de tarifação tipo PAYT e as suas características

Os sistemas de tarifação do tipo PAYT, ou seja, o pagamento pelo serviço de recolha e tratamento de RU proporcional ao peso ou ao volume dos resíduos produzidos, são considerados um instrumento poderoso para alteração dos comportamentos, pois constituem um incentivo para a redução da produção de resíduos e para o aumento da deposição seletiva para a reciclagem. As melhorias e o surgimento de novas tecnologias referentes aos contentores, surgem não só devido às necessidades de reduzir os custos, tempo, esforço e emissões das recolhas, como também para facilitar a implementação de sistemas de tarifação do tipo PAYT.

À questão “Existe, ou está previsto existir a curto prazo, algum sistema de tarifação tipo PAYT” (questão C7), e como se pode verificar na Figura 4.9, cerca de 82% das entidades que responderam a esta questão (101) afirmaram não existir, nem estar previsto, 14% (17) indicaram que não existe, mas está previsto e apenas 4% referiu que existe.

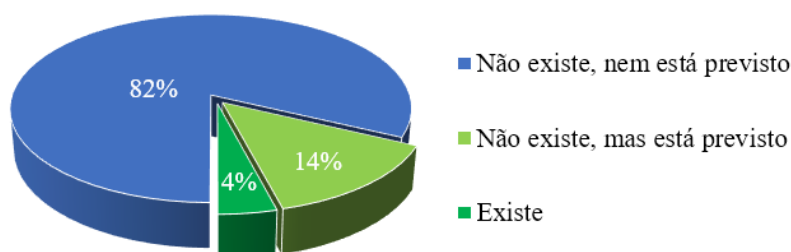
Indicaram estar prevista a implementação de um sistema PAYT, as seguintes entidades: Câmara Municipal de Lisboa (para os grandes produtores), Empresa Municipal de Ambiente de Cascais, E.M., S.A., Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, Serviços Municipalizados da Nazaré, as Câmaras Municipais de Póvoa de Varzim, Torres Vedras, Lagos, Alenquer, Mafra, Gondomar, Albufeira, Barrancos, Oeiras, Sabugal, Moura, Serpa e Paredes.

Referiram já ter um sistema implementado a INOVA - Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, E.M., S.A. (faz a recolha dos RU indiferenciados do município de Cantanhede), a EMARVR - Água e Resíduos de Vila Real E.M., S.A. (é responsável pela recolha de RU indiferenciados e seletivos de Vila Real, através de uma empresa adjudicatária) e as câmaras municipais de Pombal, de Palmela e de Guimarães, que fazem as recolhas dos RU indiferenciados dos respetivos concelhos.

Relativamente à questão sobre as características do sistema PAYT existente destas 5 entidades acima referidas, as características são:

- INOVA - Existe desde 2004 um sistema PAYT aplicado a empresas em que o que é recolhido é contabilizado (em m<sup>3</sup>) e é feita uma média mensal;
- EMARVR - O PAYT é cobrado aos clientes com contentores para uso exclusivo;
- Município de Pombal - Algumas empresas pagam a tarifa em função do volume de resíduos recolhidos;
- Município de Palmela - Está implementado um circuito de recolha em unidades industriais, cujo serviço é efetuado porta-a-porta, e cobrança por unidade de recolha de contentor;

- Município de Guimarães - Atualmente o PAYT está a ser aplicado no Centro Histórico de Guimarães, em que os moradores/comerciantes pagam a tarifa através da quantidade de sacos comprados à Vitrus Ambiente, pelo que reciclam mais para pagar menos. A recolha dos resíduos é feita através de uma viatura elétrica ao longo de várias horas/dia.



**Figura 4.9 - Existência e previsão de algum sistema de tarifação do tipo PAYT**

Contudo, de acordo com (Pires, 2017), em Portugal, até ao momento, apenas existem 10 casos de estudo ou de projetos-piloto de implementação de sistemas tipo PAYT, não se encontrando ainda em pleno funcionamento nenhum sistema PAYT. Estes casos dizem respeito ao Projeto *LIFE PAYT*, que envolve em Portugal as cidades de Lisboa (só para grandes produtores), Condeixa-a-Nova e Aveiro, ao estudo da RESIALENTEJO (Tratamento e Valorização de Resíduos, EIM), que envolve nove municípios do Alentejo, e aos casos de Portimão e Óbidos, que já tiveram um estudo, mas que foi abandonado, e Viana do Castelo, Cascais, Guimarães e Maia, que têm a decorrer projetos-piloto.

Ou seja, das entidades que afirmaram no questionário ter sistemas PAYT implementados, apenas a Câmara Municipal de Guimarães tinha sido identificada no estudo de Pires (2017) como um dos casos em que está a ser implementado um projeto-piloto. No município de Guimarães, a recolha seletiva está a cargo da RESINORTE e a recolha indiferenciada é realizada pela Câmara Municipal, exceto a recolha de indiferenciados em contentores semi-subterrâneos e a recolha abrangida pelo projeto-piloto PAYT no centro histórico, que são asseguradas pela empresa Vitrus Ambiente, EM., SA.

Relativamente à questão sobre as características do sistema PAYT existente ou que está previsto (questões C8 e C9), das 17 entidades que indicaram estar previsto, somente 9 responderam a esta pergunta, das quais, três referiram que o tipo de sistema ainda está em estudo neste momento (CM de Alenquer, CM de Moura, CM de Serpa), sendo duas do distrito de Beja (região Alentejo), abrangidas pelo estudo anteriormente referido da RESIALENTEJO, e outra do distrito de Lisboa (região Centro). Das restantes 6 entidades que têm previsto o PAYT, mas que ainda não existem estudos iniciados, as características previstas são:

- EMAC - Estudo do sistema PAYT utilizando contentorização coletiva;
- Município da Póvoa de Varzim - Contentores de pequena dimensão com *chip*;

- SM da Nazaré (Sistema Municipalizado da Nazaré) - Implementação de um sistema que permita a medição da quantidade produzida; cobrança através de um cartão eletrónico que permite a identificação do utilizador;
- Município de Torres Vedras - Implementação de um sistema PAYT num bairro urbano na cidade, embora ainda não se tenha iniciado o estudo aprofundado desta mesma implementação;
- SMSB de Viana do Castelo (Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo) - Implementação, num perímetro predominantemente urbano, de um sistema de recolha seletiva de bio-resíduos e, num perímetro rural, de um sistema de compostagem doméstica, enquadrado num mecanismo associado aos sistemas PAYT, no âmbito de uma candidatura ao POSEUR (Programa Operacional de Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos);
- CM de Lisboa - O projeto internacional “*LIFE PAYT – Tool to Reduce Waste in South Europe*”, que no caso de Lisboa, será estudada a aplicação de um sistema tarifário de resíduos a grandes produtores, tendo por base a implementação de um sistema de gestão de frota e de controlo de contentores através da colocação de *chips* e de equipamentos de leitura RFID.

#### 4.3. Identificação dos equipamentos e tecnologias “*smart*” existentes ou a adquirir

##### 4.3.1. Equipamentos/dispositivos para a identificação e/ou georreferenciação

###### *Número de circuitos com sacos ou contentores equipados com sistemas de identificação ou georreferenciação*

Na Tabela 4.7 indica-se o número de circuitos que as entidades reportaram ter com sacos ou contentores equipados com sistemas de identificação ou georreferenciação (questão D1), discriminados por tipo de recolha. Verifica-se que o número de circuitos com estes sistemas é superior nas recolhas seletivas de papel/cartão, vidro e plástico/metal, comparativamente à recolha de indiferenciados e de orgânicos. Isto poderá dever-se a vários fatores, nomeadamente à necessidade de gerir melhor estes circuitos porque são mais dispendiosos, ao facto de cada circuito ter um menor número de contentores, ou ainda ao facto de a maioria dos circuitos de recolha multimaterial ser da responsabilidade dos sistemas inter e multimunicipais, que têm uma maior capacidade financeira e técnica.

É de realçar que os valores da tabela seguinte, não coincidem com os valores da Tabela 4.3, devido à falta de precisão de resposta por parte dos inqueridos.

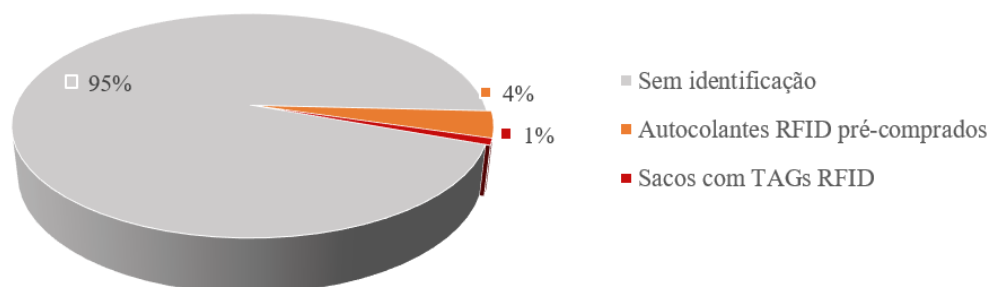


**Tabela 4.7 - Número de circuitos de recolha com contentores ou sacos com equipamentos/dispositivos para identificação e georreferenciação**

	Nº total e (% face ao nº total de circuitos)	Nº médio/ entidade	Nº máximo/ entidade
Indiferenciados	1 067 (12%)	9,8	606
Papel/cartão	2 508 (28%)	23,2	2 473
Vidro	2 896 (32%)	26,8	2 870
Plástico/metálico	2 509 (28%)	23,2	2 473
Orgânicos	47 (1%)	0,4	39

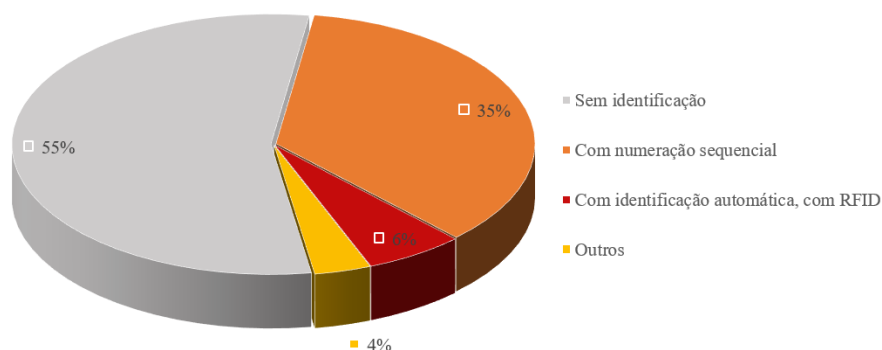
#### *Equipamento/dispositivo para identificação dos sacos*

Das 123 entidades em estudo, responderam à questão sobre o tipo de equipamento/dispositivo colocado nos sacos (questão D2), 105 entidades (85% face ao total) e, destas, 100 (95%) indicaram não ter qualquer sistema de identificação dos sacos, 4 (4%) referiram autocolantes RFID pré-comprados e 1 (1%) indicou sacos com TAGs (*i.e.*, etiquetas) RFID (Figura 4.10). Estes resultados refletem uma baixa aplicação da tecnologia de identificação de sacos.

**Figura 4.10 - Tipo de equipamento/dispositivo utilizado para a identificação dos sacos**

#### *Equipamento/dispositivo para a identificação dos contentores*

Em relação aos contentores, responderam a esta questão (D3) 112 entidades (91% face ao total), destas, e como se pode observar na Figura 4.11, 55% afirmaram não ter qualquer tipo de identificação nos contentores, 35% referiram um número sequencial (termoimpresso ou chapa metálica aplicada no ato da compra dos contentores), que identifica o contentor e o proprietário, 6% indicaram identificação automática (RFID), e na categoria “outros”, 2 (4%) entidades referiram ter georreferenciação dos contentores e uma entidade referiu fazer a numeração de modo manual.

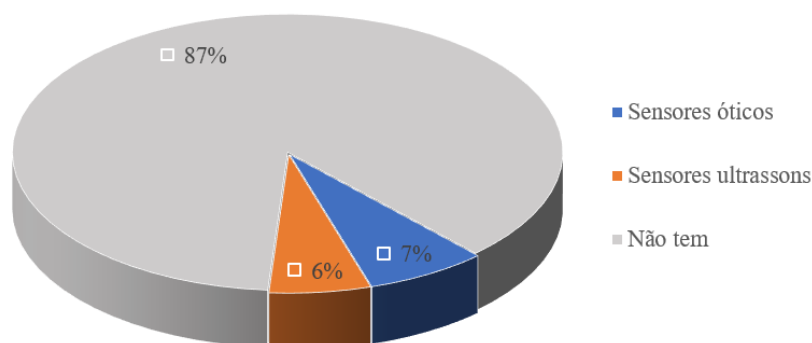


**Figura 4.11 - Tipo de equipamento/dispositivo utilizado para a identificação dos contentores**

Estes resultados permitem concluir que a maior parte das entidades não tem nenhum sistema de identificação dos contentores e, nos casos em que tem, a identificação não recorre ainda às tecnologias de identificação, apenas 10% das entidades referiram ou identificação automática com RFID ou georreferenciação SIG.

#### 4.3.2. Equipamento/dispositivo para medição do nível de enchimento dos contentores

Relativamente a existência de sensores para medição do nível de enchimento dos contentores (questões D4 e D5), como se pode observar na Figura 4.12, a maioria das 123 entidades inquiridas não tem nenhum tipo de tecnologia que permita medir de forma automática o nível de enchimento dos contentores (87%), apenas 13% indicaram ou sensores óticos (7%) ou sensores por ultrassónicos (6%), de leitura e aviso do nível de enchimento dos contentores, predominando portanto a verificação visual.



**Figura 4.12 - Tipo de equipamento/dispositivo utilizado na medição do nível de enchimento dos contentores**

Os sensores óticos foram indicados pelas seguintes entidades: a empresa municipal EMAC de Cascais, que referiu ter 256 contentores enterrados com sensor ótico; os Serviços Municipalizados de Castelo Branco, que indicou ter sensores óticos aplicados na tampa dos contentores, mas apenas num pequeno circuito com 18 contentores (solução piloto).

Em relação aos sensores ultrassónicos, referiram a sua utilização a empresa municipal INFRAMOURA de Vilamoura (Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M.), que tem apenas instalado o sensor ultrassónico em 9 contentores, situados em zonas críticas (baixa de Vilamoura); a CM de Figueira de Castelo Rodrigo, que tem instalado este sensor em 25 contentores de superfície com capacidade de 800 L; e a CM de Lisboa que tem 150 sensores ultrassónicos instalados em vidrões igloo e em 61 contentores subterrâneos, estando prevista a colocação de mais 1 000 sensores em ecopontos de superfície (*cycleas*) e mais 439 em contentores subterrâneos, até ao final de 2017.

Porém, de acordo com as pesquisas realizadas, a EMAC utiliza o sensor da *SmartBin*, que é um sensor ultrassónico. Por isso, se juntarmos os 256 contentores da EMAC que afinal têm sensores ultrassónicos, então esta tecnologia de identificação torna-se a mais empregada em Portugal

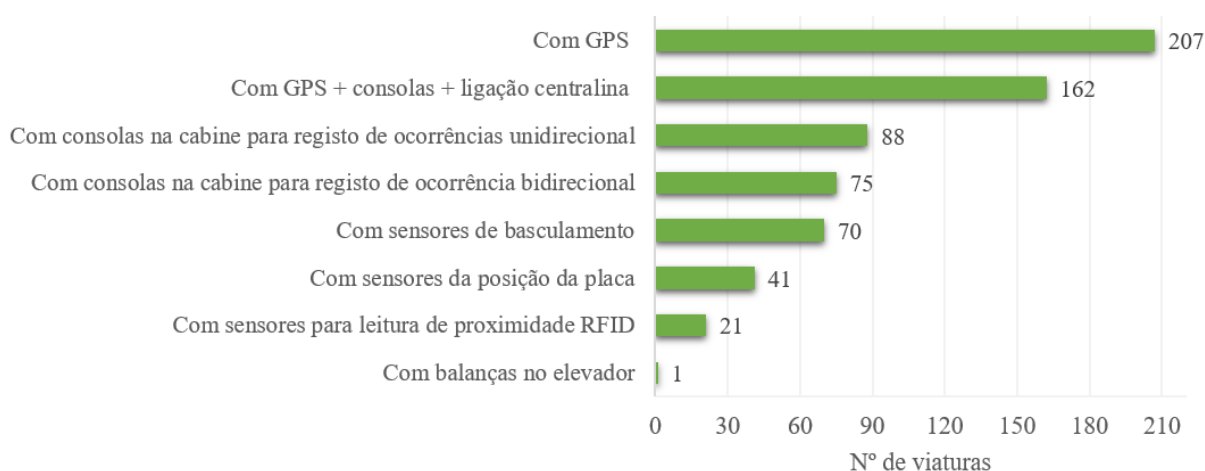
#### 4.3.3. Número e tipo de tecnologias instaladas nas viaturas para a leitura dos contentores e comunicação

Conforme se pode observar na Figura 4.13, à questão “Quantas viaturas de recolha estão equipadas com algum tipo de tecnologia para leitura dos contentores e comunicação?” (questão D7), à qual responderam 108 entidades (88% face ao total), foram indicados o seguinte número viaturas de recolha de RU, com algum tipo de tecnologia de leitura dos contentores e comunicação:

- 207 viaturas equipadas com GPS, sistema de rastreamento simples, das quais, 29% são viaturas de circuitos de recolha de RU da região de Lisboa e Vale do Tejo, 20% da região do Centro, 20% da região do Norte e 16% da região do Algarve;
- 162 viaturas com GPS, consolas e ligação à centralina (onde a centralina recebe os sinais elétricos correspondentes a grandezas físicas, dos sensores e processa esses sinais para a execução de posteriores ações), das quais 51% são da região de Lisboa e Vale do Tejo, 20% da região do Norte e 17% da região do Algarve, com o intuito de registar consumos, distâncias percorridas, eventos de condução, *etc.*;
- 88 viaturas com consolas na cabine para registo de ocorrências unidirecional (da viatura para *backoffice*, para planeamento dos circuitos para o dia seguinte), 31% da região do Algarve, 23% da região do Norte e 20% da região de Lisboa e Vale do Tejo;
- 75 viaturas com consolas na cabine bidirecional, isto é, para registo de ocorrências e receção de informação do *backoffice*, (permite a receção de instruções de trabalho e definição de circuitos/operações de recolha em tempo real, em função das taxas de enchimento e viaturas disponíveis), das quais 50% na região de Lisboa e Vale do Tejo e 36% na região do Algarve;

- 70 viaturas com sensores de basculamento (ligados à tomada de força da viatura, acionando a plataforma elevatória por uma consola de controlo remoto), sendo quase 30% na região de Lisboa e Vale do Tejo e 16% na região do Norte;
- 21 viaturas com sensores para leitura de proximidade RFID, que como o nome indica faz a leitura das etiquetas RFID dos contentores, sendo que mais de metade destas viaturas estão no distrito de Faro;
- 1 viatura com balança no elevador (sistemas PAYT por peso – industriais), existente apenas no distrito do Porto;
- 41 viaturas com sensores da posição da placa (para avaliar a taxa de enchimento da viatura), nas regiões do Norte e do Algarve, mas em maior numero na região do Norte.

A maior parte destas tecnologias existem nas regiões de Lisboa e Vale do Tejo e do Norte e, em menor número, na região do Algarve, as duas primeiras correspondem às regiões mais desenvolvidas e populosas, e a terceira à região mais turística, o que poderá justificar o investimento nestas tecnologias.



**Figura 4.13 - Número de viaturas de recolha equipadas com algum tipo de tecnologia para leitura de contentores e comunicação**

Considerando o número total de viaturas de recolha de RU reportadas pelos inquiridos (Tabela 4.6), consta-se que a percentagem de viaturas com algum tipo de tecnologia para leitura de contentores e comunicação é ainda muito pequena. Como se pode verificar na Tabela 4.8, apenas 17,3% das viaturas possuem só GPS e 13,5% possuem GPS com consolas e ligação centralina.

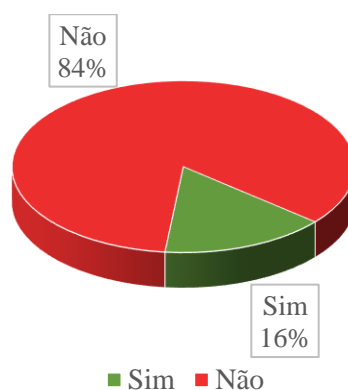
**Tabela 4.8 - Percentagem de viaturas com algum tipo de tecnologia de leitura de contentores e comunicação**

Tipo de tecnologia	% face ao nº de viaturas reportadas
Com balanças no elevador	0,1%
Com sensores para leitura de proximidade RFID	1,8%
Com sensores da posição da placa	3,4%
Com sensores de basculamento	5,8%
Com consolas na cabine para registo de ocorrência bidirecional	6,3%
Com consolas na cabine para registo de ocorrências unidirecional	7,3%
Com GPS + consolas + ligação centralina	13,5%
Com GPS	17,3%

#### 4.3.4. Sistemas/programas para otimização dos circuitos

A otimização dos circuitos de recolha é fundamental para a eficiência dos sistemas de recolha de RU e para a redução dos impactos ambientais e dos custos, conseguida pelas poupanças nos tempos de operação, diminuição das distâncias percorridas e dos recursos materiais e humanos.

À questão “Para o apoio à gestão da recolha de RU dispõem de algum sistema/programa de otimização dos circuitos?” (questão D8), das 123 entidades, 11% não respondeu, e das 92 entidades que responderam, 84% indicou que não tem qualquer sistema ou tecnologia para a otimização dos circuitos e somente 16% (17 entidades) declarou ter algum sistema/programa de otimização dos circuitos (Figura 4.14).

**Figura 4.14 - Existência de sistema/programa para otimização de circuitos**

De acordo as respostas fornecidas por questionário, sobre o nome do programa, o nome do fornecedor, o custo de aquisição da licença, o custo anual de manutenção/renovação da licença (questão D9), complementadas com uma pesquisa documental adicional, indicam-se de seguida, para cada uma das entidades que afirmaram ter um programa de otimização de circuitos, o tipo de programas e as respetivas características.

- AMARSUL e Câmara Municipal de Paredes: utilizam **ArcGIS** fornecido pela **ERSI** (*Environmental Systems Research Institute*), uma empresa americana especializada na produção de soluções para a área de informações geográficas, sendo o uso deste programa de mapeamento sujeito aos termos e à política de privacidade da ERSI (ERSI, 2018).
- Câmara Municipal de Lisboa e Serviços Municipalizados de Abrantes: utilizam o **ezWASTE**, fornecido pela **CEB Solutions** (*Compta Emerging Business*), que desenvolveu um sistema integrado, *PAYT Ready*, que permite a gestão de serviços, planeamento e faturação, com a emissão de documentos contabilísticos, tudo numa plataforma na nuvem, com gestão centralizada baseada em: mapas e informação em tempo real; gestão e controlo de equipamentos e equipas; gestão de reparações, manutenção da frota e equipamentos; contagem, medição e identificação dos contentores recolhidos (por GPS ou RFID); planeamento de escalas e circuitos dos veículos; automação e TIC (PAYT Portugal, 2018).
- Câmara Municipal de Almada, adquiriu o **FleetRoute**, um *software* de otimização de percursos, baseado numa plataforma SIG, fornecido pela **VTM – Global** (*VTM - Delivering Distinctive Solutions*), que centra a sua atividade nas áreas de planeamento estratégico e sistemas de transportes, mobilidade, infraestruturas, engenharia de tráfego, segurança rodoviária e logística (VTM, 2018) .
- INOVA - Empresa de Desenvolvimento Económico e Social de Cantanhede, E.M., S.A., está a investir na instalação de tecnologia inteligente para obter maior eficiência na gestão dos serviços de RU, no âmbito do financiamento do POSEUR - Portugal 2020. Os projetos em desenvolvimento neste domínio dizem respeito à implementação do sistema de informação **Mawis**, uma plataforma de *software* da **MOBA** (*Mobile Automation*), respetivas TIC nas viaturas de recolha e lavagem e instalação de sistemas de identificação nos equipamentos de deposição de resíduos. Trata-se de uma solução integrada que permitirá o planeamento e otimização dos circuitos de recolha, a visualização dos percursos nas viaturas através de computadores de bordo, o registo automático das recolhas dos contentores através de etiquetas RFID, o registo de anomalias aquando da recolha e a introdução do sistema PAYT, que consiste na alteração da metodologia de tarifação, passando esta a ser calculada com base na produção efetiva dos resíduos produzidos. A aplicação é representada em Portugal pela empresa **SOLIM** - Equipamento de Higiene e Limpeza, LDA (INOVA-EM, 2017).

- Câmara Municipal de Lagoa, iniciou em 2015 um projeto experimental e pioneiro no Algarve, em colaboração com a empresa **SOLIM**, com a instalação de um sistema de gestão de RU (**Mawis**), em duas viaturas de recolha de resíduos e em duas viaturas de recolha de monos e verdes. Aumentar a qualidade do serviço, impulsionando também a sua eficiência e reduzindo os custos, será o objetivo final da implementação de um sistema deste género (Netresíduos, n.d.).
- EMAC, também utiliza *software* de gestão dos serviços de resíduos, **Mawis**, que permite uma gestão em tempo real, sistema aberto e versátil que pode ser adaptado às realidades e exigências. E este programa é igualmente fornecido pela **SOLIM** (Cascais Ambiente, 2012).
- ALGAR - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, SA, desenvolveu o programa informático **SAGIR** (Sistema de Análise e Gestão de Informação da Recolha Seletiva), que permite que os motoristas da recolha seletiva façam a inserção de toda a informação relativa à atividade de recolha seletiva. O programa faz a gestão dos dados referentes aos circuitos de recolha, importa e exporta dados sem necessidade de utilização de suportes impressos. Portanto o fornecedor é a própria **ALGAR**, pois foi ela a desenvolver o SAGIR (ALGAR, 2010).
- GESAMB - Gestão Ambiental e de Resíduos, EM., tem como uma das medidas para poupança e eficiência energética a Implementação do Sistema Integrado de Recolha de Ecopontos da GESAMB (**SIREG**). Tendo por base uma solução informática de apoio ao processo de recolha seletiva de ecopontos, será possível otimizar os percursos realizados pelas várias viaturas da empresa. Com a implementação deste sistema estima-se que será possível reduzir em cerca de 10% os quilómetros percorridos por tonelada de recicláveis recolhidos (GESAMB, 2014). O SIREG é produzido pela **NIVELBASE** (Tecnologias de Informação e Comunicação).
- SULDOURO - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos, implementou a solução **SPAR** (Sistema de Planeamento e Análise da Recolha), da **Cachapuz** (Bilanciai Group), para a gestão de todos os processos de recolha seletiva em Vila Nova de Gaia e Santa Maria da Feira. A SPAR é uma solução informática criada para apoiar e facilitar o processo de recolha de resíduos. O sistema permite a gestão de ecopontos, pontos de recolha e contentores, através da previsão de níveis de enchimento dos contentores, bem como a gestão de rotas de recolha, manutenção e limpeza. Além disso, possibilita a georreferenciação e visualização cartográfica dos ecopontos e dos percursos efetuados pelas equipas de trabalho, e a geração de relatórios de atividades - quantidades recolhidas, quilómetros e horas gastos por equipa de trabalho e viatura (Ambiente Online, 2009).
- Câmara Municipal de Lousada, a implementação do **GiSUMA** - Sistema Integrado de Consulta e Edição de Informação Geográfica (georreferenciação de equipamentos de deposição de resíduos e circuitos), tem vindo a garantir ganhos na otimização dos serviços e na gestão das equipas que

operam, centralizando a eficiência em todas as operações. O GiSUMA foi criado em 2009 pela **SUMA** (Serviços Urbanos de Meio Ambiente, S.A.), que assegura a permanente atualização dos planos de trabalho com edição de dados *online*, garantindo a necessária flexibilidade e celeridade de resposta em espaço público (Rocha e Sequeira, 2014).

- **INFRAMOURA** (Empresa de Infraestruturas de Vilamoura, E.M.), usa o **WiseWaste**, que é uma marca registada da **SOMA - Environmental Solutions**. É uma *startup* que transforma resíduos em matéria-prima usando alta tecnologia e o princípio da engenharia circular (Brammer, 2017). O **WiseWaste** é um sistema completo de *software* e *hardware* criado para gerir, intervencionar e monitorizar as principais atividades e tarefas diárias relacionadas com a limpeza urbana, destinado aos operadores públicos ou privados, numa perspetiva de otimização de custos e da qualidade do serviço. Desde veículos a equipamentos de contentores de resíduos às equipas de operadores e motoristas, onde tudo é gerido numa única plataforma (SOMA, n.d.). A **SOMA**, dedica-se à comercialização, projeto, fabrico e assistência de equipamentos e soluções para a limpeza urbana e ambiente.

Na Tabela 4.9. apresenta-se um resumo das entidades que indicaram ter sistema/programa para otimização de circuitos, os respetivos nomes do programa e do fornecedor, e a do tipo de circuitos onde são aplicados.

**Tabela 4.9 - Sistema/programa para otimização de circuitos indicados pelas entidades inquiridas**

Entidade	Nome do Programa	Fornecedor do Programa	Circuitos de recolhas abrangidos
AMARSUL	ArcGis	ESRI	R.Seletiva
CM de Paredes			R.Indiferenciada e Seletiva
CM de Lisboa	ezWaste	COMPTA	R.Indiferenciada e Seletiva
SM de Abrantes			R.Indiferenciada e Seletiva
CM de Almada	FleetRoute	VTM	R.Indiferenciada
INOVA	Mawis	SOLIM	R.Indiferenciada
CM de Lagoa			R.Indiferenciada
EMAC			R.Indiferenciada e Seletiva
ALGAR	SAGIR	ALGAR	R.Seletiva
GESAMB	SIREG	NivelBase	R.Seletiva
SULDOURO	SPAR	Cachapuz	R.Seletiva
CM de Lousada	GiSUMA	SUMA	R.Indiferenciada e Seletiva
INFRAMOURA	Wisewaste	SOMA	R.Indiferenciada e Seletiva

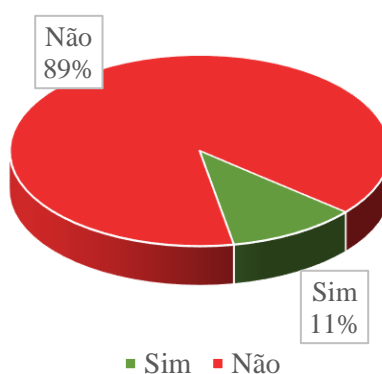
O custo de aquisição da licença deste tipo de programas varia entre os 4 500 € e os 300 000 €, com um valor médio de 82 500 €. O custo anual de manutenção/renovação desta licença (com/sem formação para novas versões), varia entre os 3 060 € e os 5 000 €, com um valor médio de 4 000 €/ano.



Somente 14% das entidades de recolha de RU implementou algum sistema para a melhoria dos circuitos de recolha de resíduos, verificando-se que há ainda um grande atraso na aplicação das TIC em Portugal.

#### 4.3.5. Sistemas/programas de gestão integrada de todo o sistema de recolha no apoio à gestão da recolha de RU

À questão “Para o apoio à gestão da recolha de RU dispõem de algum sistema/programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha” (questão D10), e tal como na questão anterior, não responderam 11% das entidades, e das 109 entidades que responderam, 89% indicaram não ter qualquer sistema/programa para estes objetivos e somente 11% (12 entidades) deram uma resposta afirmativa (Figura 4.15).



**Figura 4.15 - Existência de sistema/programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha**

Dos 11% (12) que tem um sistema/programa de gestão integrada, somente 7 deles caracterizaram os programas. Os programas utilizados para a gestão integrada (questão D11) resumem-se a ArcGis, ezWaste, GIASOR, Mawis e SAGIR, que são fornecidos, pelas respetivas empresas ESRI, COMPTA, ATTCEI, SOLIM e ALGAR (Tabela 4.10).

**Tabela 4.10 - Sistema/programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha**

Entidade	Nome do Programa	Fornecedor do Programa	Circuitos de recolhas abrangidos
CM de Paredes	ArcGis	ESRI	R.Indiferenciada e Seletiva
CM de Albufeira	ezWaste	COMPTA	R.Indiferenciada e Seletiva
AMARSUL	GIASOR	ATTCEI	R.Seletiva
INOVA	Mawis	SOLIM	R.Indiferenciada
EMAC			R.Indiferenciada e Seletiva
CM de Lagoa			R.Indiferenciada
ALGAR	SAGIR	ALGAR	R.Seletiva

Conclui-se que a AMARSUL, CM de Paredes, INOVA, EMAC e ALGAR são as entidades que possuem sistema/programa para otimização de circuitos e ainda para a gestão integrada de todo o sistema de recolha.

#### 4.4. Opinião das entidades sobre as TIC aplicadas à gestão da recolha de RU

##### 4.4.1. Fatores que facilitam ou dificultam a sua implementação

Com o objetivo de avaliar a opinião das entidades de recolha de RU, sobre os principais motivos ou fatores que facilitaram ou não permitiram ainda a implementação de sistemas/programas de otimização ou gestão integrada do sistema de recolha, elaboram-se duas questões. Uma, dirigida às entidades que responderam que têm ou pensam vir a ter estes sistemas/programas, questionava sobre o que facilitou a sua implementação (questão D12), solicitando-se que seleccionassem, no máximo, três das sete opções de resposta fornecidas (Tabela 4.11). Outra, dirigida às entidades que não têm estes sistemas/programas, questionando-as sobre as razões porque ainda não implementaram o uso destes sistemas/programas (questão D27), solicitando-se que seleccionassem, no máximo, três das sete opções de resposta fornecidas (Figura 4.16)

A decisão de aquisição e implementação de um sistema de otimização ou de gestão integrada de recolha, baseado em tecnologia, requer dos responsáveis pela tomada de decisão a consideração de uma série de variáveis relativas ao ambiente interno e externo da entidade no qual o sistema vai ser implementado.

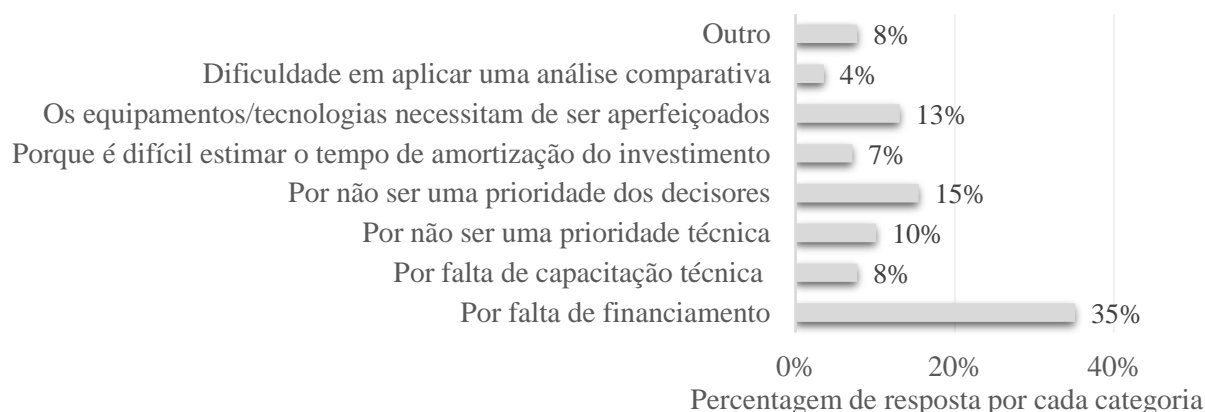
Das entidades que já têm ou pensam vir a ter estes sistemas/programas e que responderam a esta questão, no total 20 entidades (16% face ao total das 123), onde podiam escolher mais do que 1 opção, e tal como se pode verificar na Tabela 4.11, a maioria destas indicou como principal fator a disponibilidade/oportunidade de financiamento (55%), seguindo-se as prioridades identificadas pelos decisores (40%), a capacidade técnica (técnicos aptos a utilizarem estas novas tecnologias) e a crença de que os benefícios irão compensar os custos, ambos com 30%.

**Tabela 4.11 - Opinião das entidades sobre os fatores que facilitaram/ facilitariam, a implementação de TIC**

	Nº de respostas e (%) face aos que responderam
Disponibilidade/oportunidade de financiamento	11 (55%)
Prioridade identificada pelos decisores	8 (40%)
Capacitação técnica	6 (30%)
Crença de que os benefícios poderão compensar os custos	6 (30%)
Prioridade identificada pelos nossos técnicos	4 (20%)
Equipamentos/tecnologias existentes no mercado bastante satisfatórios	3 (15%)
Soluções compatíveis com os <i>softwares</i> SIG existentes e “userfriendly”	3 (15%)

Já para as entidades que ainda não implementaram ou generalizaram a utilização de equipamentos/tecnologias de gestão e otimização do serviço de recolha, das 100 entidades que responderam a esta questão (81% das 123 entidades), as principais razões apontadas foram a falta de financiamento (35%), o facto de não ser uma prioridade dos decisores (15%) e dos equipamentos/tecnologias existentes no mercado necessitarem ainda de ser aperfeiçoados para se adaptarem às características dos circuitos de recolha de RU (13%). Os resultados obtidos para as restantes categorias de resposta foram: não ser uma prioridade técnica (10%), falta de capacitação técnica (necessidade de formação dos técnicos) (8%), dificuldade em estimar o tempo de amortização do investimento (porque não se acredita que os benefícios possam compensar os custos) (7%), e ainda porque é difícil aplicar uma análise comparativa objetiva da diversidade de soluções existentes no mercado (4%).

Foram ainda referidos na opção “outros”, a existência de empresa subcontratada para o efeito, a ruralidade do concelho e a dispersão dos pontos de recolha e os problemas burocráticos.

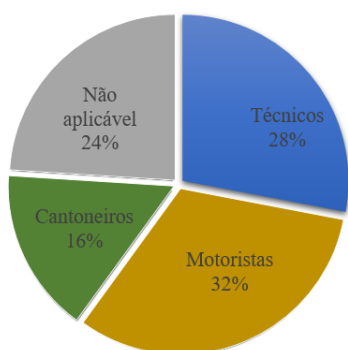


**Figura 4.16 - Razões pelas quais ainda não implementaram ou generalizaram a utilização de equipamentos/tecnologias de otimização e gestão do serviço de recolha**

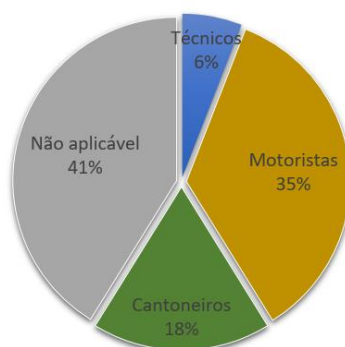
A razão principal pela qual ainda não implementaram as TIC, tanto no estudo realizado pela GPS Insight (2017) para o caso dos EUA, como neste estudo para o caso da recolha de RU em Portugal, é a falta de investimento financeiro, motivo apontado por 59% dos inquiridos (31% para os EUA). Também dos dois questionários é possível observar que ambos concordam que são necessárias mais investigações, para futuro aperfeiçoamento. Outro impedimento em comum é não ser uma prioridade dos decisores e, por último, a incerteza de que os custos possam compensar os benefícios.

Às entidades que já utilizam algum tipo de TIC aplicadas aos sistemas de recolha de RU, perguntou-se-lhes “quais foram as principais dificuldades na implementação do novo equipamento e/ou utilização de programas”, em relação a exigências de formação especializada, resistência à mudança e necessidade de grande número de dados de base (questões D23, D24, D25 e D26).

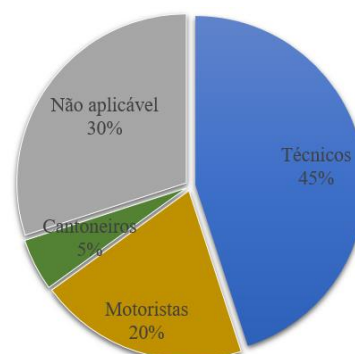
Pela análise das respostas dadas pelas 20 entidades que responderam (16% do total) a estas questões, conclui-se que: a formação adicional especializada foi necessária em 76% dos casos e incidiu principalmente nos motoristas (36%) e nos técnicos (28%) (Figura 4.17); a resistência à mudança verificou-se em 59% dos casos, em especial nos motoristas (35%) (Figura 4.18); e a exigência de levantamento de um grande número de dados, reportada por 70% destas entidades, foi mais sentida pelos técnicos (45%) (Figura 4.19).



**Figura 4.17 - Exigência de formação adicional especializada**



**Figura 4.18 - Resistência à mudança**



**Figura 4.19 - Exigência de levantamento de um grande número de dados de base**

Para além destes, foram ainda reportados outros problemas ou dificuldades, como, a integração de vários programas (AMARSUL) e *software* demasiado complexos e com problemas de integração com o SIG municipal (pela CM de Almada), tornando a utilização confusa e desvantajosa.

#### 4.4.2. Critérios considerados relevantes para seleção de equipamentos e de serviços de TIC e avaliação dos serviços prestados

Às entidades que já utilizam algum tipo de equipamentos/tecnologias nos circuitos de recolha colocou-se a questão “Face à sua experiência, o que recomendaria a um colega que estivesse a seleccionar equipamentos/produtos para a recolha de RU?” (questão D13), para a qual os inquiridos poderiam seleccionar duas das cinco opções de resposta fornecidas. As recomendações traduzem de certa forma aspetos relevantes a ter em conta pelos que procuram pela primeira vez este tipo de tecnologias e serviços.

Responderam a esta questão 20 entidades (16% face ao total) e, como se pode observar na Tabela 4.12, as principais recomendações que dariam aos seus colegas seriam: a) que se certifique se o produto corresponde ao objetivo pretendido, se consegue realmente resolver o problema (55%); que teste o serviço para perceber a sua eficácia antes da instalação (35%); que faça uma comparação entre vários fornecedores para seleccionar o mais adequado para o problema em causa (25%); que inclua um piloto ou período de teste (15%); e por último, que comprove os benefícios no caso concreto e o período de amortização do investimento (10%).

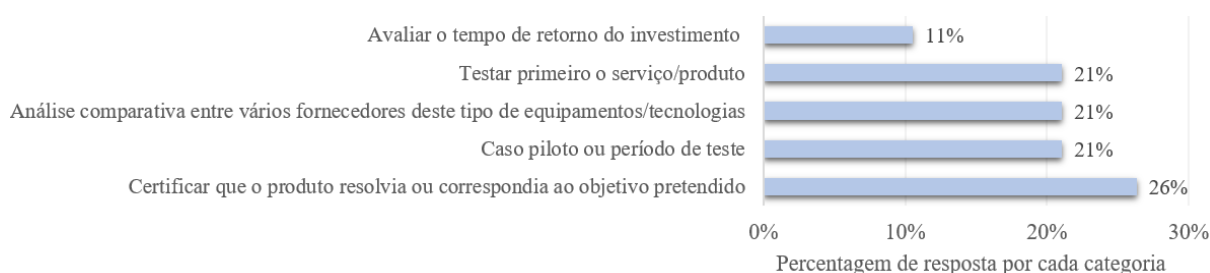
Comparando os resultados obtidos nesta questão, com os obtidos nos EUA (GPS Insight, 2017), constata-se que a certificação de que o produto resolva ou corresponda ao objetivo pretendido é a lição mais aprendida (63% no caso dos EUA e 55% em Portugal), porém em relação às restantes recomendações, a ordem é inversa. Os norte americanos recomendam em segundo lugar que se inclua um piloto ou período de teste (57%), seguindo-se a necessidade de comparação entre vários fornecedores

deste tipo de equipamentos/tecnologias/programas (30%) e, só depois, que se teste o serviço e comprove a sua eficácia primeiro.

**Tabela 4.12 - Recomendações para a seleção de equipamentos/programas aplicados à recolha de RU**

	Nº de respostas e (%) face aos que responderam
Que se certifique se o produto resolve ou corresponde ao objetivo pretendido	11 (55%)
Que teste o serviço e comprove a sua eficácia primeiro	7 (35%)
Que faça uma comparação entre vários fornecedores deste tipo de equipamentos/tecnologias/programas	5 (25%)
Que inclua um piloto ou período de teste	3 (15%)
Que comprove os benefícios no caso concreto e o período de amortização do investimento	2 (10%)

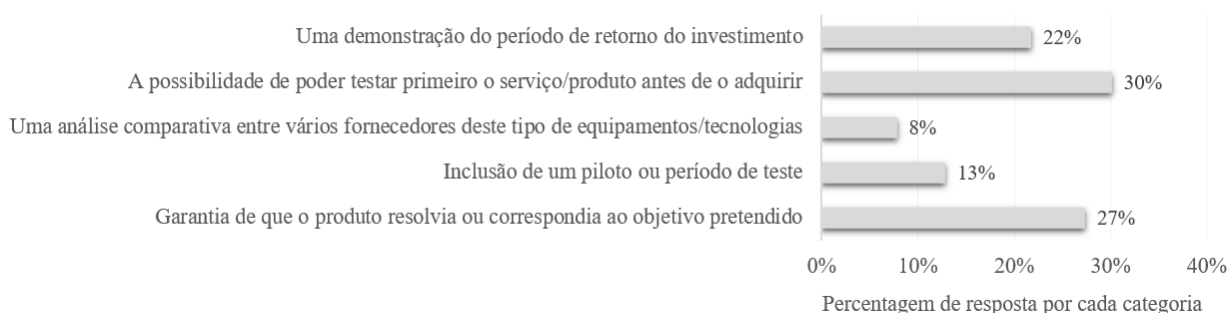
À questão, “Se fosse agora, o que teria feito (ou exigido) de diferente ao(s) seus fornecedor(es)?” (questão D14), a que responderam 20 entidades que já utilizam TIC (16% do total), as respostas repartiram-se entre certificar-se que o produto resolvia ou correspondia ao objetivo pretendido (26%), incluir um caso piloto ou período de teste, fazer uma análise comparativa entre vários fornecedores deste tipo de equipamento/tecnologia, testar primeiro o serviço/produto (três categorias com 21% de resposta dos inquiridos) e, por último avaliar o tempo de retorno do investimento (11%) (Figura 4.20).



**Figura 4.20 - Exigências que teriam sido feitas aos fornecedores de TIC se fosse agora**

Para as empresas de transporte norte americanas com TIC (GPS Insight, 2017), se fosse atualmente, 30% não teria feito nada de diferente, mas para os restantes, o que teriam acautelado era testar o produto (33%), comparar mais fornecedores (32%), verificar se o produto resolve/corresponde ao objetivo pretendido (28%), e por último, realizar um caso piloto ou período de teste (22%).

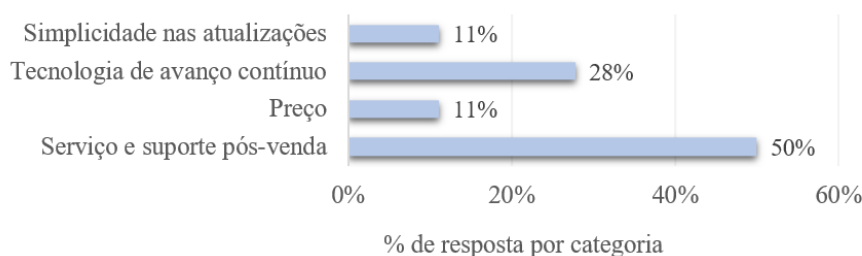
Para as entidades que ainda não têm TIC, perguntou-se, caso tivessem oportunidade de adquirir algum tipo de equipamento/tecnologia ou programa para melhorar a recolha dos RU, “O que exigiria ao(s) seu(s) fornecedor(es)?” (questão D31). As respostas obtidas para esta questão, à qual responderam 100 entidades (81% do total), apresentam-se na Figura 4.21. Consta-se que para estas entidades as principais exigências seriam o poder testar primeiro o serviço antes de o adquirir (30%), para se assegurarem que será vantajosa ou não a sua implementação para o caso em particular; a garantia dada pelo fornecedor de que o produto resolve ou corresponde ao objetivo pretendido (27%); e uma demonstração do período de retorno do investimento (22%). As restantes categorias de resposta foram seleccionadas por um menor número de entidades, designadamente, a inclusão de um caso piloto ou período de teste (13%) e uma análise comparativa entre vários fornecedores deste tipo de equipamentos/tecnologias (8%).



**Figura 4.21 - O que as entidades que ainda não têm TIC exigiriam aos seus fornecedores**

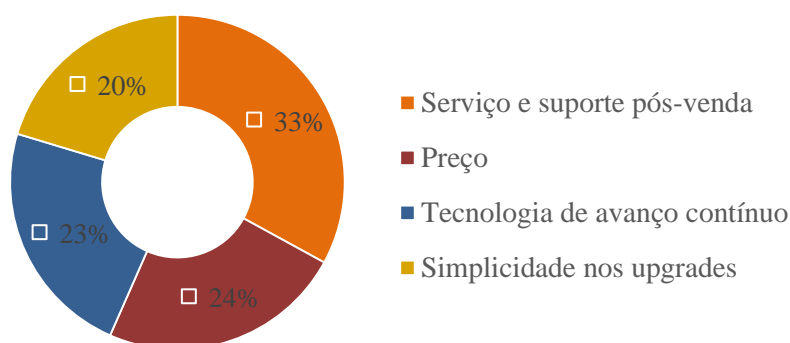
Para as entidades que já têm algum tipo de tecnologia implementada na recolha dos RU, questionou-se sobre “Qual considera ser o fator mais importante para os serviços de telemática aplicada à recolha de RU?” (questão D16). Os resultados obtidos para esta questão, a que responderam 20 entidades (16% do total), revelam que para cerca de 50% o fator mais importante é o serviço e suporte após a venda, seguindo-se a tecnologia de avanço contínuo (28%) e, por fim, o preço e a simplicidade nas atualizações, ambas com 11% (Figura 4.22).

Para as empresas norte americanas que utilizam telemática, os três fatores que consideraram mais importantes foram o serviço e suporte pós-venda, o preço e a tecnologia de avanço contínuo.



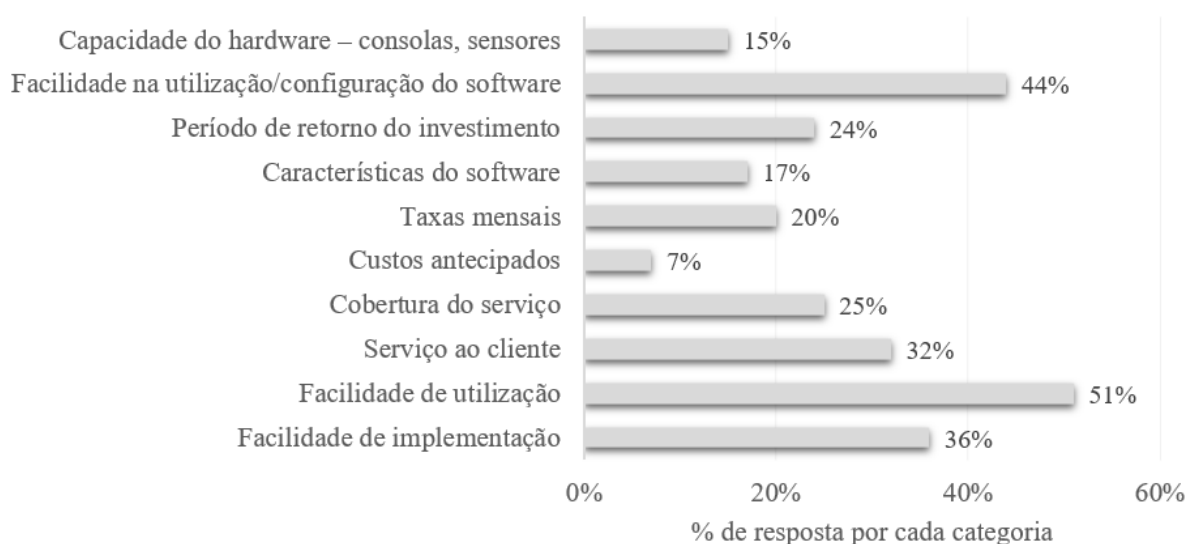
**Figura 4.22 - Fatores considerados mais importantes pelos utilizadores de TIC para os serviços de telemática**

Na opinião das 100 entidades (81% face ao total) que ainda não têm nenhum tipo de tecnologias implementada, os fatores mais importantes para os serviços de telemática aplicada à recolha dos RU (questão D32) são, por ordem decrescente, o serviço e suporte pós-venda (33%), o preço (24%), a tecnologia de avanço contínuo (23%) e a simplicidade nos *upgrades*, com 20% (Figura 4.23).



**Figura 4.23 - Fatores considerados mais importantes pelos não utilizadores de TIC para os serviços de telemática**

Na opinião das entidades que ainda não implementaram TIC aos sistemas de recolha de RU, os critérios que consideram ser mais importantes para a escolha de um fornecedor de telemática (questão D34) são, por ordem decrescente, a facilidade de utilização (51%), a facilidade de utilização/configuração do *software* (44%), a facilidade de implementação (36%), serviço ao cliente (32%), cobertura do serviço (25%) e o período de retorno do investimento com 24% (Figura 4.24).



**Figura 4.24 - Critérios considerados pelos não utilizadores de TIC como mais importante para a escolha do respetivo fornecedor**



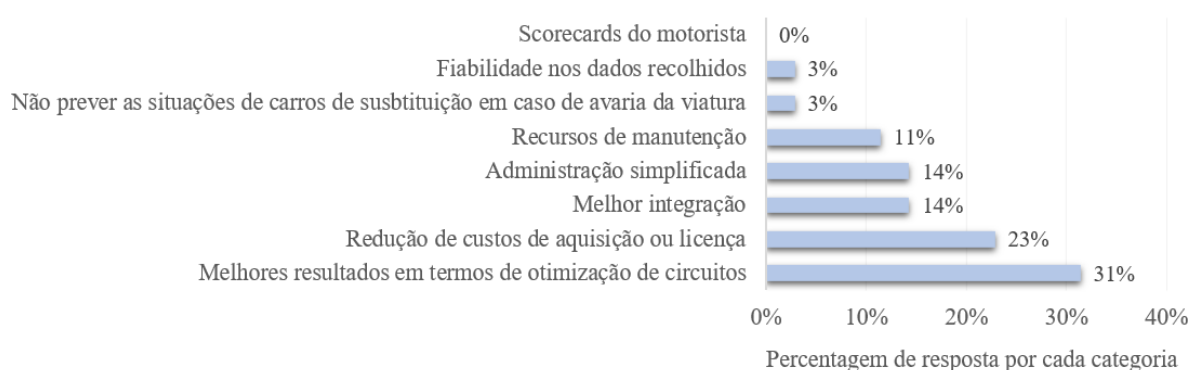
#### 4.4.3. Características a serem melhoradas nas TIC aplicadas à gestão dos circuitos e serviços adicionais desejados

A avaliação e as necessidades identificadas pelos clientes são informações essenciais para os fornecedores de TIC, para poderem melhorar e desenvolver melhor as tecnologias que comercializam.

Para as entidades que já têm algum tipo de TIC nos sistemas de recolha de RU, questionou-se “Quais são as características que considera deverem ser melhoradas para os produtos (equipamentos/tecnologias/programas) que visam a gestão “*smart*” dos circuitos” (questão D15).

A esta questão responderam 20 entidades (16% do total), que consideraram como principais características a melhorar (Figura 4.25): melhores resultados em termos de otimização de circuitos (31%); redução dos custos de aquisição ou da licença para os produtos (23%); melhor integração (14%); administração mais simplificada (14%); recursos de manutenção (11%). Nenhuma entidade selecionou a opção “*scorecards* do motorista” e duas registaram na opção “outro”, onde referiram que se deve melhorar a fiabilidades dos dados recolhidos (se recorrer somente à base de tecnologias, o processo seria mais fácil e a fiabilidade seria superior, visto que o erro de uma máquina é menor quando comparando com o humano), e prever-se as situações da substituição de viaturas em caso de avaria, pois estas representam ainda um custo significativo.

No caso dos resultados obtidos pela GPS Insight (2017), as três principais características que as empresas norte americanas indicaram como a melhorar pelo seu fornecedor de telemática foram a melhor integração, a administração simplificada e as *scorecards* do motorista.

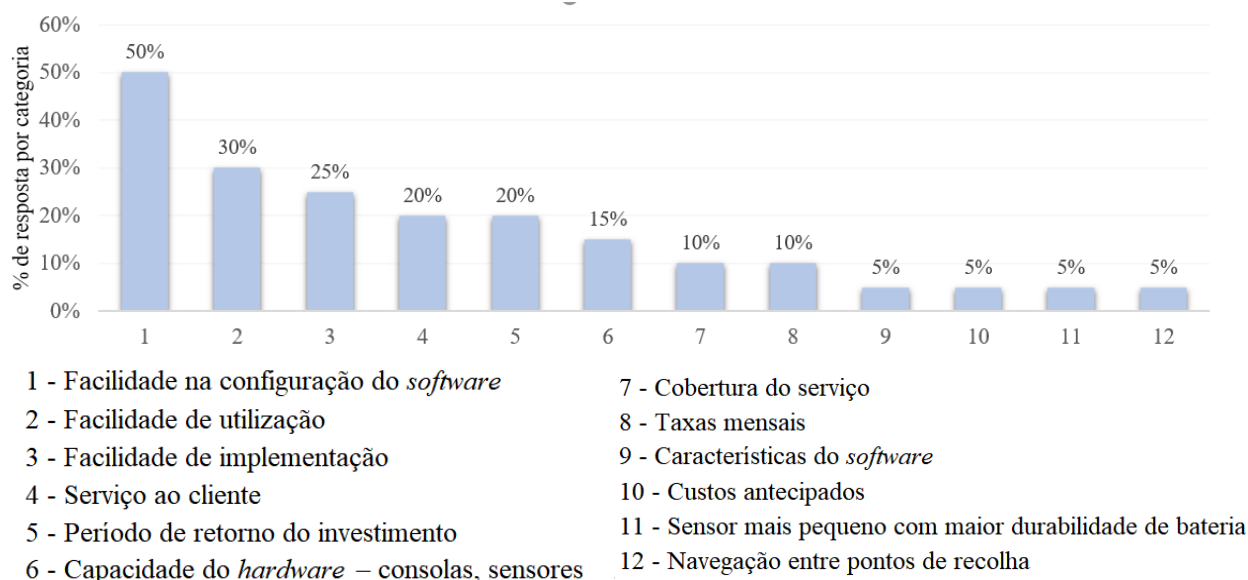


**Figura 4.25 - Opinião dos utilizadores de TIC sobre as características a melhorar nas TIC aplicadas à recolha de resíduos**

Uma outra questão que se colocou aos utilizadores de TIC foi “O que considera ser o aspeto a ser melhorado pelo seu fornecedor” (questão D18), solicitando-se que seleccionassem no máximo 3 opções de um conjunto de 12 possíveis categorias de resposta.

Como se pode observar na Figura 4.26, para as 20 entidades (16% do total) que responderam a esta questão, os aspetos a serem melhorados pelos fornecedores são principalmente facilidade na configuração dos programas (50%), a facilidade de utilização (30%) e de implementação (25%), seguindo-se o serviço ao cliente (20%) e o período de retorno (20%). Os restantes serviços foram indicados por menos de 20% das entidades.

Para as empresas norte americanas (GPS Insight, 2017) os aspetos mais importantes a melhorar pelos fornecedores de TIC dizem respeito à facilidade na utilização, ao atendimento ao cliente e à cobertura do serviço. A facilidade de utilização e a cobertura do serviço não são surpresa, mas é importante notar que o valor no serviço ao cliente está em ascensão. Os dois países diferem somente no aspeto do período de retorno do investimento, que para Portugal tem que ser deveras melhorado, e para os EUA é o aspeto que menos necessita de aperfeiçoamento.

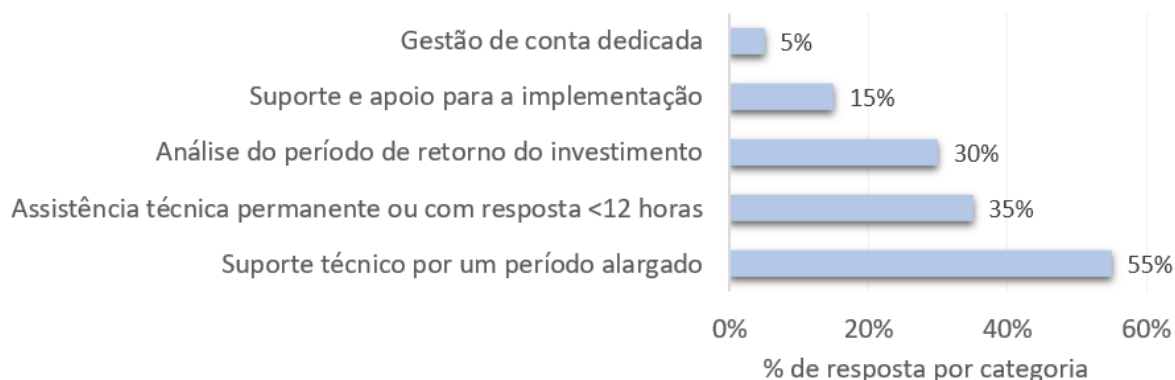


**Figura 4.26 - Aspetos que os utilizadores de TIC consideram ter que ser melhorados pelos fornecedores**

Para além do que gostariam de ver melhorado, solicitou-se às entidades utilizadores de TIC que indicassem que serviços adicionais gostariam de ter por parte dos seus fornecedores para a recolha integrada e inteligente (questão D17).

Os resultados obtidos para esta questão, à qual responderam 20 entidades (16% face ao total), apresentam-se na Figura 4.27. O serviço adicional mais indicado por estas entidades foi o suporte técnico por um período alargado (55%), a assistência técnica permanente ou com resposta inferior a 12 horas (35%), análise do período de retorno do investimento (30%), para perceberem se vale ou não a pena o investimento nos devidos serviços, o suporte e apoio à implementação (15%) e, por último a gestão de conta dedicada (5%).

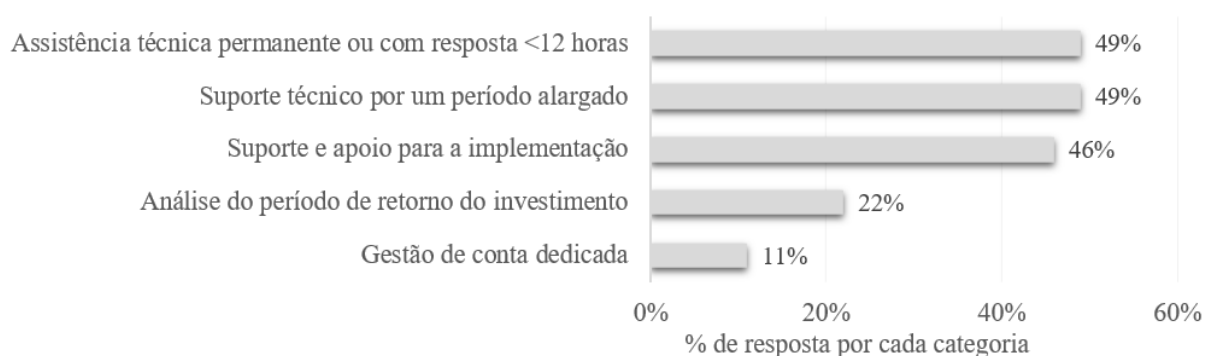
Estes resultados obtidos para Portugal são semelhantes aos da GPS Insight (2017), para o caso das empresas norte americanas, que também indicaram que o recurso mais importante que um fornecedor de telemática pode oferecer é o suporte técnico, seja ele de resposta rápida ou alargada.



**Figura 4.27 - Serviços adicionais que as entidades com TIC gostariam de ter dos fornecedores**

Já para as entidades que ainda não têm TIC, e para esta mesma questão (questão D33), os serviços adicionais que gostariam de ter da parte dos fornecedores, destinados à recolha integrada e inteligente, seriam: a assistência técnica permanente ou com resposta inferior a 12 horas, e suporte técnico por um período alargado, ambas indicadas por 49% das entidades; seguindo-se o suporte e apoio para a implementação (46%); análise do período de retorno do investimento (22%); e, por último, a gestão de conta dedicada (11%) (Figura 4.28).

Contrariamente às entidades com TIC implementados (Figura 4.27), que pretendiam maioritariamente (39%) o serviço do suporte técnico por um período alargado, as entidades sem essas implementações apostam mais em assistência técnica permanente ou muito rápida.



**Figura 4.28 - Serviços adicionais que as entidades sem TIC gostariam de ter dos fornecedores**

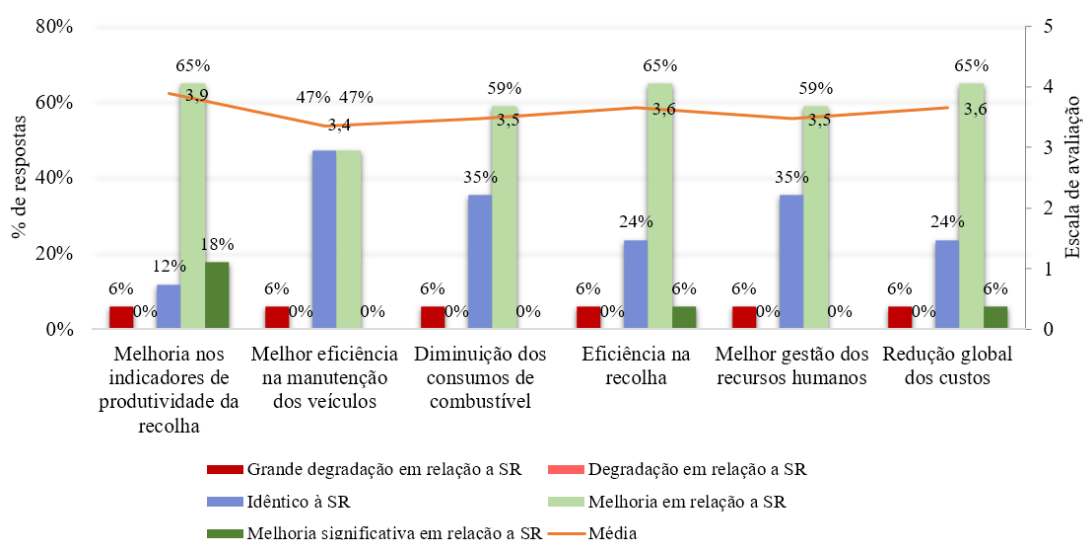
#### 4.4.4. Crenças nos benefícios alcançados ou a alcançar com a implementação de TIC aos sistemas de recolha de RU

Benefícios alcançados após a implementação de novas tecnologias e/ou programas, face à situação de referência

Às entidades que já utilizam algum tipo de TIC nos sistemas de recolha de RU, colocou-se a questão “Face à situação de referência (SR), quais foram os benefícios alcançados após a implementação de novas tecnologias e/ou programas?” (questão D19), solicitando-se que indicassem a sua posição numa escala de avaliação do tipo de *Likert* de 5 pontos, com os extremos entre 1 (muito pior que a SR) e o 5 (muito melhor que a SR), para cada um dos seis fatores apresentados.

Os resultados obtidos para esta questão, à qual responderam 17 entidades (14% face ao total), e que se apresentam na Figura 4.29, permitem concluir que a maioria das entidades reconhece que os benefícios das TIC se traduziram numa melhoria de vários indicadores face à situação de referência, tendo apenas sido reportados somente 6% de grande degradação em relação a todos os indicadores, face à situação de referência. Outro benefício proporcionado pelas novas tecnologias indicado por duas entidades (questão D20), foi a obtenção de uma maior quantidade e qualidade de informação (melhoria da informação disponibilizada aos municípios/clientes).

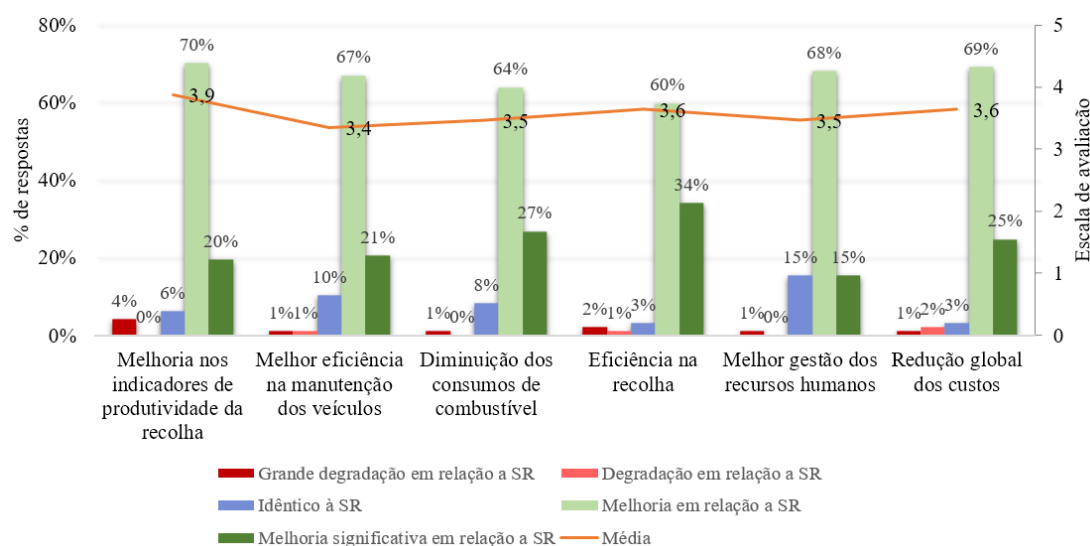
De todos os indicadores colocados à avaliação destas entidades, os que obtiveram um valor médio da escala mais elevado foram a melhoria nos indicadores de produtividade da recolha, a eficiência na recolha e a redução global dos custos.



**Figura 4.29 - Avaliação dos utilizadores de TIC sobre os benefícios alcançados após a implementação das novas tecnologias/programas, face à situação de referência (SR)**

De acordo com o estudo feito pela GPS Insight (2017), para cerca de 98% das empresas norte americanas as TIC foram benéficas para a gestão das frotas, tendo 35% considerado que foi extremamente benéfico, 46% muito benéfico e 18% benéfico, tendo as expetativas iniciais sido superadas em todos os indicadores.

Para os não utilizadores de TIC, a expectativa em relação aos benefícios que acreditam poderem resultar após a implementação de novas tecnologias e/ou programas, face à situação de referência (questões D35 e D36), é bastante elevada. Das 97 entidades que responderam a esta questão (79% face ao total), a maior parte acredita que face à situação de referência os resultados serão melhores, como se poderá observar pela distribuição das respostas e os valores médios obtidos para cada um dos seis indicadores apresentados na Figura 4.30.



**Figura 4.30 - Benefícios que os não utilizadores de TIC acreditam poderem resultar após a implementação de novas tecnologias/programas, face à situação de referência (SR)**

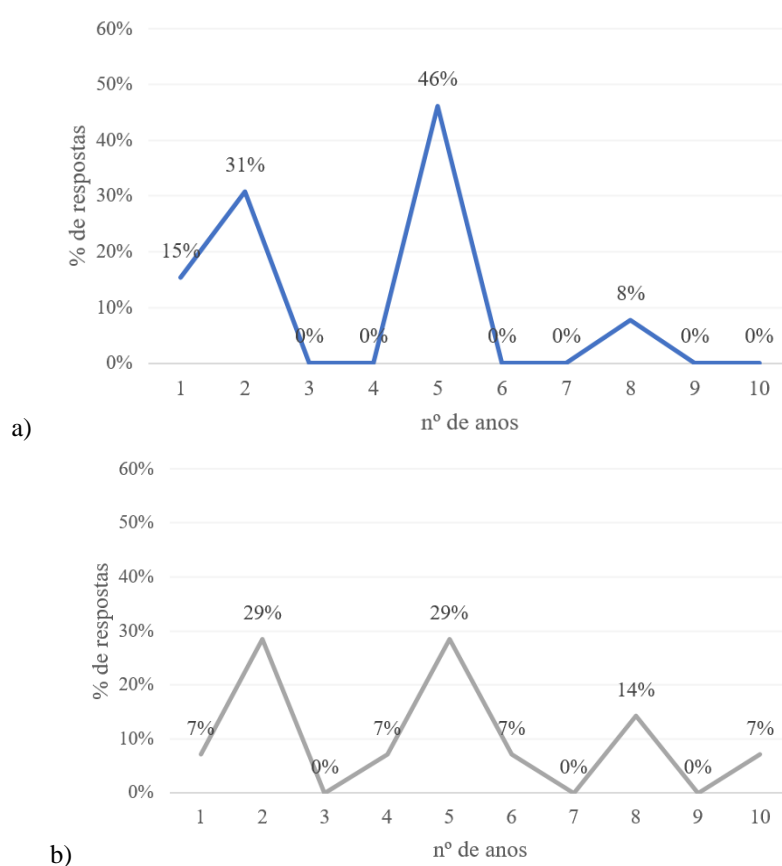
#### Expetativas iniciais e realidade face ao número de anos de retorno do investimento em TIC

Tratando-se de tecnologias que requerem algum investimento, as expetativas em relação ao período de retorno pode ser um fator de decisão importante e de satisfação. Considerou-se de interesse questionar as entidades que já utilizam algum tipo de TIC na recolha dos RU, sobre quais eram as suas expetativas iniciais em relação ao número de anos de retorno do investimento (questão D21) e qual foi, ou será, na realidade o número de anos do retorno completo do investimento (questão D22).

Como se pode observar na Figura 4.31, a expetativa das entidades em relação ao período de retorno do investimento é muito semelhante ao que obtiveram na realidade. Das 17 entidades que

responderam a estas duas questões (14% face ao total), 15% esperavam ter o retorno no primeiro ano, mas somente 7% conseguiram alcançar. Contudo 31% das entidades esperava conseguir o retorno do investimento no segundo ano, e conseguiram 29% das entidades, o que quer dizer que das 46% que expectavam conseguir o retorno nos primeiros dois anos, 36% conseguiram, sendo um resultado positivo. Em média, o número anos de retorno de investimento, expectáveis e reais, foi assim de 3 e 3,8 anos, respetivamente.

Estes resultados diferem dos obtidos para as empresas norte americanas, dado que 34% esperavam ter o retorno do investimento completo no primeiro ano e 43% conseguiram ter o retorno no primeiro ano (GPS Insight, 2017).

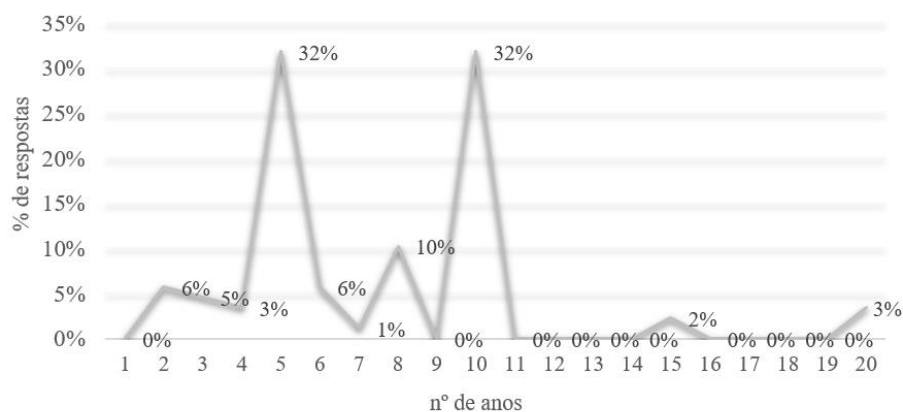


**Figura 4.31 - Número de anos de retorno completo do investimento reportado pelos utilizadores de TIC:**  
a) expectativa inicial; b) número real

As respostas obtidas para o grupo de não utilizadores de TIC, relativas à questão D37, sobre a expectativa em relação ao número de anos de retorno de um investimento completo em TIC aplicadas à recolha de RU, tem uma distribuição ligeiramente diferente da obtida pelo grupo dos utilizadores de TIC. Como está ilustrado na Figura 4.32, 96 entidades não utilizadores de TIC (78 %), 28 (32%) acreditam que o retorno completo do investimento aplicado em TIC para a recolha se conseguirá em 5 anos, 28 (32 %) em 10 anos, 9 (10%) em 8 anos, e 0% em menos de 1 ano. Apesar de em relação à

Figura 4.31, o número de anos de retorno superior a 10 anos aumentar, 46% prevê ter o retorno até 5 anos, inclusive. Em média, o número anos de retorno de investimento expectáveis foi de 6,9 anos.

Porém comparativamente aos EUA, Portugal é mais pessimista, dado que 34% dos norte americanos prevê retorno do investimento logo no primeiro ano.



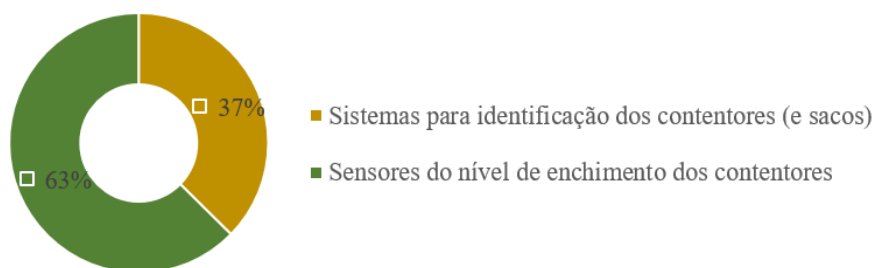
**Figura 4.32 - Opinião dos não utilizadores de TIC sobre o número de anos de retorno completo do investimento**

#### 4.5. Prioridades para as TIC e recolha de RU e expetativas da generalização das TIC a curto prazo

Prioridades manifestadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir, caso tivessem oportunidade

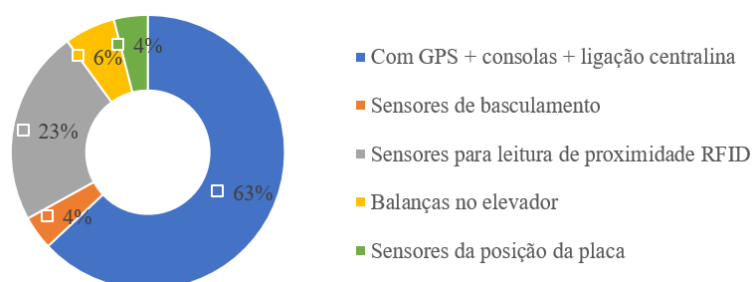
Colocou-se a questão às entidades que ainda não têm qualquer tipo de tecnologia aplicada aos sistemas de recolha de RU, quais seriam as suas prioridades caso tivessem oportunidades de adquirir algum tipo de equipamento/tecnologia ou programa para melhorar a recolha dos RU, designadamente para os contentores (questão D28), as viaturas (questão D29) e para o sistema de gestão de RU (questão D30).

Das 100 entidades (81% face ao total) que responderam a estas questões, as prioridades indicadas para os contentores foram (Figura 4.33), em primeiro lugar, os sensores para medição do nível de enchimento dos contentores (63%) e, em segundo lugar, os sistemas para identificação dos contentores/sacos (37%).



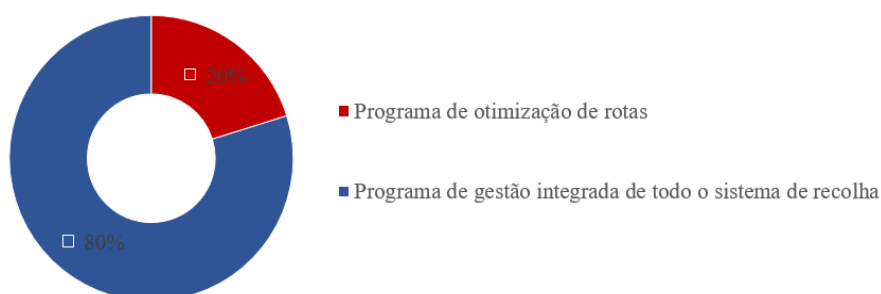
**Figura 4.33 - Prioridades indicadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir para os contentores**

Relativamente aos veículos (Figura 4.34), para 63% das entidades a grande prioridade seria equipar as viaturas com GPS, consolas e ligação à centralina (registo de consumos, distâncias percorridas, eventos de condução, *etc.*), e para 23% seria a instalação de sensores para leitura de proximidade RFID (sistema PAYT – identificação do produtor). Outra opção, como a implementação de balanças no elevador (sistemas PAYT por peso), a instalação de sensores de basculamento (ligados à tomada de força da viatura) e sensores da posição da placa (para avaliar taxa de enchimento da viatura), foram as menos seleccionadas.



**Figura 4.34 - Prioridades indicadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir para as viaturas**

Já para o sistema de gestão da recolha (Figura 4.35), as prioridades incidem num programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha (80%) e, em segundo lugar, num programa para a otimização de rotas (20%).



**Figura 4.35 - Prioridades indicadas pelos não utilizadores de TIC em relação ao tipo de tecnologia a adquirir para o sistema de gestão da recolha**



### Prioridades/objetivos a curto prazo (até 2020) para a recolha de RU

Pela importância que os sistemas de recolha de resíduos têm para a economia circular, colocou-se aos inquiridos a seguinte questão “A curto prazo (até 2020), quais são as três principais prioridades/objetivos para a área da recolha de RU?” (questão E1).

Como se pode observar na Tabela 4.13, das 104 entidades que responderam a esta questão (85% face ao total), as principais áreas consideradas prioritárias foram as campanhas de informação/sensibilização aos utentes para aumentar a deposição seletiva (54%), a renovação da frota (aquisição de novas viaturas para substituição das antigas ou para maior cobertura do serviço) (47%), a aquisição de nova tecnologia para a otimização dos circuitos (38%) e a aquisição de novos ou mais contentores para os RU indiferenciados (36%). Com menor expressão, seguem-se a aquisição de novos e mais contentores para as recolhas seletivas (25%), redução dos consumos de combustível (23%), manutenção/reparação da frota (17%), revisão do tarifário (15%), investimento num ecocentro ou estação de transferência e implementação de sistemas tarifários do tipo PAYT, com 13% cada, e por último a redução ou contratação de pessoal (3%).

**Tabela 4.13 – Principais prioridades e objetivos, até 2020, indicados pelas entidades de recolha de RU**

	Nº de respostas e (%) face aos nº de respondentes
Campanhas de informação/sensibilização aos utentes para aumentar a deposição seletiva	56 (54%)
Renovação da frota	49 (47%)
Aquisição de nova tecnologia para a otimização dos circuitos	39 (38%)
Aquisição de novos/mais contentores indiferenciados	37 (36%)
Aquisição de novos/mais contentores para as recolhas seletivas	26 (25%)
Redução dos consumos de combustível	24 (23%)
Manutenção/reparação da frota	18 (17%)
Revisão do tarifário	16 (15%)
Implementação de sistemas tarifários tipo PAYT	14 (13%)
Investimento num ecocentro ou estação de transferência	14 (13%)
Redução ou contratação de pessoal	3 (3%)

É de realçar que para as entidades de recolha de RU a implementação de um sistema tarifário do tipo PAYT, ou a revisão do tarifário, não é considerada uma prioridade a curto prazo, apesar de ser

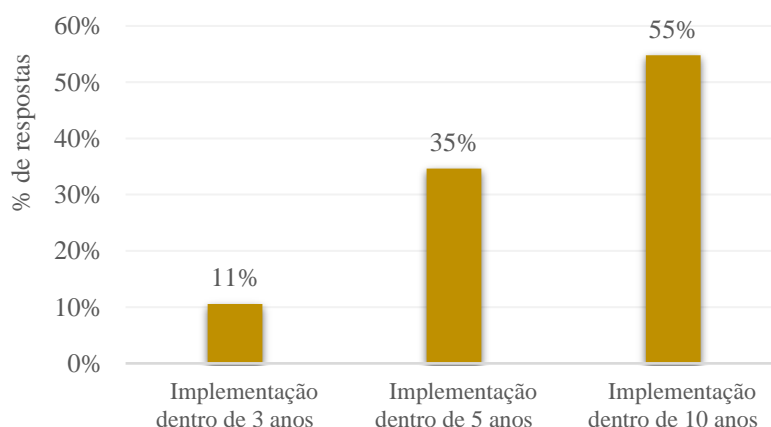
um instrumento que comprovadamente incentiva a alteração de comportamentos e que poderá contribuir para a redução dos RU indiferenciados e aumento dos RU recolhidos seletivamente. As entidades acreditam mais na necessidade de campanhas de sensibilização para aumento da deposição seletiva, que é um instrumento de alteração de comportamentos muito mais demorado, do que na alteração do sistema tarifário, que tem um efeito muito mais imediato.

Embora a aquisição de novas tecnologias para a otimização dos circuitos tenha sido considerada a 3ª prioridade, o facto de ter sido seleccionada por apenas 13,2% das entidades, revela também que não há uma grande convicção nas TIC, muito provavelmente porque há ainda outras necessidades mais básicas por resolver, como a renovação da frota ou a aquisição de mais contentores.

#### Expetativas em relação à generalização das TIC

Como se pode observar pelas respostas dadas à questão “Quais são as suas expetativas em relação à generalização das TIC no setor da recolha de RU em Portugal?” (questão E2), a maioria das entidades (55%) não acredita que a generalização das TIC ao setor da recolha de RU em Portugal ocorra num período inferior 10 anos, 35% consideram que se poderá generalizar dentro de 5 anos e apenas 11% indicou um período de 3 anos (Figura 4.36).

Estes resultados, comparativamente aos resultados obtidos no estudo da GPS Insight (2017), em que 57% das empresas norte americanas acreditam que o uso de soluções das TIC se tornará uma prática padrão dentro de 3 anos, revelam uma diferença prospetiva considerável, o que se poderá dever, para além das limitações de recursos financeiros e de necessidades básicas ainda por assegurar, a uma certa falta de informação e capacitação dos técnicos de recolha de RU para as TIC e suas vantagens para o setor da recolha de RU.



**Figura 4.36 - Expectativas das entidades face à generalização das TIC aplicadas ao setor da recolha de RU**

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1. Síntese conclusiva

Num sistema de gestão de RU, a componente recolha e transporte pode representar a componente mais dispendiosa do sistema, entre 40 a 70% dos custos totais da gestão, por implicar uma grande necessidade de mão-de-obra e de viaturas. É também uma componente que pode originar impactes ambientais e sociais negativos, pelo que é necessária uma gestão eficiente.

As TIC aplicadas aos sistemas de recolha de RU permitem planear e otimizar circuitos de recolha de RU tornando-os mais sustentáveis. São também fundamentais para a implementação de sistemas tarifários tipo PAYT, considerados um dos instrumentos mais eficazes para a redução dos RU indiferenciados e aumento da deposição seletiva e reciclagem.

Da revisão da literatura, constatou-se que existe um crescente desenvolvimento e aplicação de várias TIC aplicadas no sector dos resíduos. Assim sendo, a presente dissertação teve como principais objetivos a identificação e caracterização das TIC existentes no mercado para os sistemas de recolha de RU, a caracterização e avaliação da sua aplicação pelas entidades responsáveis pela recolha de RU em Portugal Continental, e a identificação das principais barreiras à utilização destas tecnologias, opinião e perspetivas futuras por parte destas entidades.

Para atingir estes objetivos desenvolveu-se e aplicou-se um inquérito por questionário a todas as entidades de recolha de RU em Portugal Continental (274), do qual obteve-se um total de 123 respostas, correspondendo a uma taxa de resposta de 45%.

Os resultados permitem concluir que a aplicação das TIC ao setor da recolha de RU é ainda é muito incipiente, onde 78% das entidades afirmaram não ter qualquer tipo de TIC implementadas. A principal razão apresentada pela não implementação de TIC, tanto para o caso dos EUA, como para o caso da recolha de RU em Portugal, é a falta de investimento financeiro. As opiniões também são idênticas ao concordarem que são necessárias mais investigações na área, para futuro aperfeiçoamento, e o facto de não ser uma prioridade dos decisores. Outro impedimento em comum é a incerteza de que os custos possam compensar os benefícios.

Sobre as recomendações para escolha de TIC, para ambos os países, constata-se que a certificação de que o produto resolve ou corresponda ao objetivo pretendido é a lição mais aprendida, seguido da inclusão de um caso piloto ou período de teste, e uma análise comparativa entre vários fornecedores. Antes da aplicação, as entidades que já possuem TIC sugerem testar primeiro o serviço e exigem uma demonstração do período de retorno do investimento.

Para as entidades portuguesas, que já têm algum tipo de TIC nos sistemas de recolha de RU, consideram como principais características a serem melhoradas para os produtos que visam a gestão “smart” dos circuitos: melhores resultados em termos de otimização de circuitos (55%); redução dos custos de aquisição ou da licença para os produtos (40%); melhor integração (25%); administração mais simplificada (25%); e recursos de manutenção (20%). Os dados diferem dos resultados dos EUA, dado que estes indicaram uma melhor integração, administração simplificada e as *scorecards* do motorista.

Conforme os inqueridos, os aspetos a serem melhorados pelos fornecedores são principalmente facilidade na utilização, instalação e configuração dos programas e o atendimento ao cliente. Os dois países diferem somente no aspeto do período de retorno do investimento, que para Portugal tem que ser deveras melhorado, e para os EUA é o aspeto que menos necessita de aperfeiçoamento.

As entidades de ambos os países que possuem TIC gostariam de ter serviços adicionais da parte dos fornecedores deste tipo de tecnologia destinados à recolha integrada e inteligente, como o suporte técnico por um período alargado, a assistência técnica permanente ou com resposta inferior a 12 horas e a análise do período de retorno do investimento. Contrariamente aos casos anteriores, as entidades sem TIC apostariam mais em assistência técnica permanente ou com resposta inferior a 12 horas, suporte técnico por um período alargado, suporte e apoio para a implementação e análise do período de retorno do investimento.

As entidades portuguesas ao utilizarem TIC notaram melhoria de vários indicadores face à situação de referência, obtendo-se uma média acima de 3,4 na escala de avaliação do tipo de *Likert* de 5 pontos (1- muito pior que a SR e 5- muito melhor que a SR). Estes indicadores resumem-se à eficiência na manutenção dos veículos, diminuição dos consumos de combustível, eficiência na recolha, gestão dos recursos humanos, aumento da quantidade e qualidade de informação disponível e relação global dos custos. Para cerca de 98% das empresas norte americanas as TIC foram benéficas para a gestão das frotas, tendo 35% considerado que foi extremamente benéfico, 46% muito benéfico e 18% benéfico, tendo as expetativas iniciais sido superadas em todos os indicadores.

Relativamente ao retorno do investimento em TIC, que pode ser um fator de decisão importante e de satisfação, a expetativa é diferente que obtiveram na realidade, onde 15% das entidades portuguesas esperavam ter o retorno no primeiro ano, mas somente 7% conseguiram alcançar. Estes resultados são inferiores aos obtidos pelas empresas norte americanas, dado que 34% esperavam ter o retorno do investimento completo no primeiro ano, e 43% o conseguiram alcançar. Contudo quase metade das entidades portuguesas conseguiram o retorno nos primeiros dois anos.

Das entidades não utilizadoras de TIC (78 %), quando questionadas sobre qual esperariam ser o retorno caso implementassem este tipo de tecnologias, 46% responderam esperar ter o retorno até 5 anos, sendo o valor médio obtido de 6,9 anos.

As principais prioridades manifestadas pelos não utilizadores de TIC em relação às tecnologias a adquirir para os diferentes equipamentos foram: para os contentores a aquisição de sensores para a medição do nível de enchimento dos mesmos; para os veículos a equipar os mesmos com GPS, consolas e ligação centralina em simultâneo; e para o sistema de gestão da recolha a prioridade incide num programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha (80%).

As prioridades e objetivos para a recolha de RU em Portugal, até 2020, são as campanhas de informação/sensibilização aos utentes para aumentar a deposição seletiva, a renovação da frota, a aquisição de nova tecnologia para a otimização dos circuitos e a aquisição de novos ou mais contentores para a recolha de RU indiferenciados e recolha seletiva. É de realçar que para as entidades de recolha de RU a implementação de um sistema tarifário do tipo PAYT, ou a revisão do tarifário, não é considerada uma prioridade a curto prazo, apesar de ser um instrumento que comprovadamente incentiva a alteração de comportamentos e que poderá contribuir para a redução dos RU indiferenciados e aumento dos RU recolhidos seletivamente.

Com isto, é possível concluir que se torna necessário superar vários desafios para resolver os problemas detetados, sendo necessário apostar em mais pesquisas/investigações para desenvolvimento de TIC na gestão de resíduos. Com todos estes esforços, uma política governamental adequada e cuidadosa extrairá os máximos benefícios das TIC para uma solução mais sustentável em termos ambientais, económicos e sociais. Outra missão no sentido de convocar os utentes para a adoção de comportamentos mais coerentes e cooperantes, é a informação, sensibilização, educação ambiental e fiscalização na área dos resíduos. Isto revela que devia-se investir em formação e sensibilização, explicar aos utentes o que eles ganham com estes sistemas, demonstrar aos técnicos que o investimento pode ter o retorno em curto tempo e que podem melhorar os problemas que possuem.

As metas impostas para 2030 são muito ambiciosas, por isso Portugal tem que tomar medidas o mais breve possível.

## 5.2. Limitações e principais dificuldades

Apesar da taxa de respostas à aplicação do questionário ser positiva, os dados e resultados obtidos não deverão ser considerados para a totalidade da realidade nacional, já que o mesmo apenas foi aplicado à região do continente. Para resultados mais abrangentes seria necessário também incluir entidades das regiões autónomas, de forma a possibilitar retirar conclusões mais robustas.

Mesmo com uma boa taxa de respostas, se tivessem sido facultados valores por um maior número de entidades, seria possível resultados mais satisfatórios, a um nível superior de complexidade. Porém, o período temporal em que foi aplicado o questionário, foi a principal limitação, por coincidir com época de férias e ter sido um curto período de tempo para implementação do questionário.

Na realização deste tipo de estudos existem também sempre limitações que não são possíveis de prever e contrariar, como por exemplo, se foi o responsável da recolha a responder ao questionário, se os questionados perceberam as questões colocadas e se responderam com a devida precisão, entre outros. Mas considerando que o questionário era muito grande e não era de resposta imediata, exigia um levantamento de informação, faz com que 45% de respostas seja muito representativo.

## 5.3. Proposta para o desenvolvimento futuro

O estudo das tecnologias para o sistema de recolha de resíduos deve ser retomado e desenvolvido no futuro, em problemas que possam beneficiar deste tipo de otimização, em especial estudar os custos a curto e longo prazo de forma a conseguir mostrar os benefícios, com o intuito de serem posteriormente implementada a solução mais adequada.

A redução das emissões ou do consumo de combustível e dos seus custos, são procedimentos que interessa desenvolver de futuro, visto que podem levar a resultados verdadeiramente focados nestas variáveis e com elevados benefícios.

Para investigações futuras será interessante proceder à recolha dos dados das entidades em falta, verificar os casos que responderam que tem sistema de tarifação do tipo PAYT, que previamente não tínhamos conhecimento dos mesmos, *etc.*

Também seria mais fácil na escolha das TIC, se houver um estudo de análise económica e se forem avaliados os aspetos ambientais e potenciais impactos associados aos sistemas de recolha ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Seria de grande importância estudar estratégias/políticas de forma a convencer mais entidades gestoras de RU a apostar nas TIC.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALGAR. (2010). *Plano de Prevenção de Produção dos Resíduos - 2010/2016*.
- Amazon UK. (2017). *Straight 240 Litre Wheelie Bin*. Disponível em: <https://www.amazon.co.uk/Straight-240-Litre-Wheelie-Bin/dp/B005PNFGOC> (consultado a 25 de setembro de 2017).
- Ambiente Online. (2009). *Suldouro implanta solução SPAR da Cachapuz*. Disponível em: <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/8053> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- APA. (2016). *Relatório de Avaliação - PERSU 2020*. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=936> (consultado a 9 de novembro de 2017).
- Bar code. (2014). Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=ers&AN=87321205> OP - Encyclopædia Britannica, September, 2014.
- Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K.; Weissbach, A.; Boeddicker, H. (1994). *Waste Management*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Alemanha.
- Brammer, G. (2017). *Bem-vindos à Boomera!* Disponível em: <http://boomera.com.br/bem-vindos-boomera/> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- C. M. de L. (2017). *Historial da Limpeza Urbana*. Disponível em: <http://www.cm-lisboa.pt/municipio/historia/historial-da-limpeza-urbana> (consultado a 28 de abril de 2017).
- Carvalho, M. M. (2008). *Optimização de circuitos e indicadores de recolha de resíduos urbanos. Caso de estudo: Município de Almada*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Cascais Ambiente. (2012). *Recolha de resíduos, ação integrada*. Cascais.
- Chappells, H., e Shove, E. (1999). *Bins and the history of waste relations*. Disponível em: <http://www.lancaster.ac.uk/fass/projects/esf/bins.htm> (consultado a 22 de maio de 2017).
- Correia, M. M. (2016). *Modelo de apoio à decisão para a utilização de TIC na otimização da recolha de resíduos recicláveis*. ISCTE Business School - Instituto Universitário de Lisboa.
- ERSI. (2018). *We pioneer problem solving using GIS*. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/home> (consultado a 12 de janeiro de 2018).

- EC (2015). *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. COM (2015) 614 final, Brussels, 2.12.2015.
- European Commission. (2015). *Pacote da economia circular: perguntas e respostas*. Disponível em: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-6204\\_pt.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_pt.htm) (consultado a 10 de novembro de 2017).
- European Commission. (2016). *Directive 2008/98/EC on waste* (Waste Framework Directive). Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/> (consultado a 10 de novembro de 2017).
- GESAMB. (2014). *A Eficiência Energética na GESAMB*. Disponível em: <http://www.gesamb.pt/Gesamb/Sustentabilidade> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- GPS Insight. (2017). *Fleet Management - Technology Report*. Disponível em: <https://www.fieldtechnologiesonline.com/doc/fleet-management-technology-report-0001> (consultado a 13 de novembro de 2017).
- Greco, G., Allegrini, M., Del Lungo, C., Savellini, P., & Gabellini, L. (2014). Drivers of solid waste collection costs. Empirical evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 106, 364–371.
- Hannan, M. A., Abdulla Al Mamun, M., Hussain, A., Basri, H., e Begum, R. A. (2015). A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges. *Waste Management*, 43, 509–523. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.033>
- Harmony. (2016). *The Internet of Things is Changing the Waste Industry*. Disponível em: <https://harmony1.com/internet-of-things-recycling-waste-industry-2/> (consultado a 29 de maio de 2017).
- Hickman, H. L. (2003). American Alchemy: The History of Solid Waste Management in the United States. In T. Alpern (Ed.) (pp. 115–162). Santa Barbara, CA: Forester Press. Disponível em: <https://books.google.pt/books?id=gEfuG590qNoC&pg=PA115&lpg=PA115&dq=evolution++waste+collection+machines&source=bl&ots=W1FX9RTonW&sig=5vWL8Uo2FRQ-Xw8xa1aNO16s-Fo&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwj1lpjVIJrTAhXBXhQKHW0eBgQQ6AEIODAE#v=onepage&q&f=true>
- Hoornweg, D. e Bhada-Tata, P. (2012). WHAT A WASTE. A Global Review of Solid Waste Management. *Urban Development Serie*, March 2012, N° 15. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/302341468126264791/pdf/68135-REVISED-What-a-Waste-2012-Final-updated.pdf>



- I'm Rubbish. (2013). *An Overview of the Evolution and Use of Waste Bins*. Disponível em: <https://www.imrubbish.co.uk/blog/articles/an-overview-of-the-evolution-and-use-of-waste-bins/> (consultado a 3 de setembro de 2017).
- I. N. de E. (2015). *Nuts 2013 /As Novas Unidades Territoriais Para Fins Estatísticos*. Disponível em: <https://doi.org/393127/15>, ISBN: 978-989-25-0341-7 (consultado a 13 de janeiro de 2018).
- INOVA-EM. (2017). *INOVA-EM aposta no reforço da reciclagem multimaterial e na modernização dos serviços*. Disponível em: <http://www.inova-em.pt/noticias/inova-em-aposta-no-reforço-da-reciclagem-multimaterial-e-na-modernização-dos-serviços> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- Johansson, O. (2006). The effect of dynamic scheduling and routing in a solid waste management system. *Waste Management*, 26, 875-885.
- Juutinen, M. (2016). *Bin level sensors: 5 reasons why every city should track their waste bins remotely*. Disponível em: <http://ecubelabs.com/blog/bin-level-sensors-5-reasons-why-every-city-should-track-their-waste-bins-remotely/> (consultado a 5 de maio de 2017).
- LIFE-PAYT. (2016). *Condeixa integra projecto de pagar apenas o lixo que se faz*. Disponível em: <http://www.life-payt.eu/pt/article/condeixa-integra-projecto-de-pagar- apenas-o-lixo-que-se-faz> (consultado a 5 de maio de 2017).
- Lokhande, P. (2016). Garbage Collection Management System. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 5(11), 18800–18805. Disponível em: <https://doi.org/10.18535/ijecs/v5i11.14>
- Lorena, A.; Silva, C; Ribeiro, P.; Ferrão, P. (2016). *Definição de custos de investimentos e exploração de referência para tecnologias de gestão de resíduos urbanos*. Relatório Final Trabalho realizado pela 3Drivers - Engenharia, Inovação e Ambiente Lda para a ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Mahajan, K., e Chitode, P. J. S. (2014). Waste Bin Monitoring System Using Integrated Technologies. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJRSET)*, 3(7), 14953–14957.
- Martinho, M. e Gonçalves, M. (2000). *Gestão de Resíduos*. Universidade Aberta. Lisboa
- Martinho, M.G.; Gonçalves; M.G e Silveira, A. (2011). *Gestão Integrada de Resíduos Urbanos*. Textos de apoio à unidade curricular de Gestão de Resíduos do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, da FCT NOVA.

- Molok. (2017). *MOLOKCLASSIC*. Disponível em: <http://www.molokna.com/basiccontainers.html> (consultado a 25 de setembro de 2017).
- Mwangi, D., e Mburu, S. (2016). E-Tracking System for Solid Waste Management Using RFID, *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 7(6), 276–281.
- Netresíduos. (n.d.). *Lagoa INOVA em Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos*. Disponível em: <http://www.netresiduos.com/content.aspx?menuid=134&eid=3215> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- OECD (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction*. OECD Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.
- PAYT Portugal. (2018). *ezWASTE Management - PAYT Ready*. Disponível em: <http://www.payt-portugal.com/solucoes/ezwaste-payt-ready> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- Perchard, E. (2017). *Are Circular Economy Laws Ambitious to Meet Challenges Facing Europe?* Disponível em: <http://resource.co/article/are-circular-economy-laws-ambitious-enough-meetchallenges-facing-europe-12315> (consultado a 19 de dezembro de 2017).
- Pires, I. A. (2017). *Sistemas tarifários de resíduos urbanos do tipo Pay-As-You-Throw (PAYT) – casos de estudo portugueses*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa.
- Rhyner, C.; Schwartz, L.; Wenger, R. e Kohrell, M. (1995). *Waste Management and Resource Recovery*. Lewis Publishers.
- Rocha, A., e Sequeira, R. (2014). *ambiSUMA - 20 ANOS DE AMBIÇÃO*.
- Rodrigues, S. (2016). *Classificação e Benchmarking de Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos*. Dissertação de Doutoramento em Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa.
- Roser, M. (2016). *Future World Population Growth*. Disponível em: <https://ourworldindata.org/future-world-population-growth/> (consultado a 25 de maio de 2017).
- Shafiqul Islam, M., Hannan, M. A., Arebey, M., e Basri, H. (2012). An Overview for Solid Waste Bin Monitoring, *System*, 21–22.
- Smart Waste Portugal. (n.d.). *O Resíduo como Recurso*. Disponível em: <http://www.smartwasteportugal.com/pt/o-residuo-como-recurso/o-residuo-como-recurso/> (consultado a 13 de junho de 2017).

- SOMA. (n.d.). *Sistema de Gestão Operacional para a Limpeza Urbana*. Disponível em: <http://www.soma.pt/#produtos> (consultado a 25 de maio de 2017).
- Sonesson, U. (2000). Modelling of waste collection - a general approach to calculate fuel consumption and time. *Waste Management & Research*, 18, 115-123.
- Sora, M. e González, J. (2014). *Economic balance of door-to-door and road containers waste collection for local authorities and proposals for its optimisation*. Commissioned by the Association of Catalan Municipalities for Door-to-Door Selective collection to Fundació ENT.
- Spark Fun. (2016). *Connectivity of the Internet of Things*. Disponível em: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/connectivity-of-the-internet-of-things/rfid-and-nfc> (consultado a 18 de junho de 2017).
- Tanskanen, J. e Melanen, M. (1999). Modelling separation strategies of municipal solid waste in Finland. *Waste Management and Research*, 17, 80-92.
- Tavares, G., Zsigraiova, V., Semião, V. e Carvalho, M. (2009). Optimisation of WSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modeling. *Waste Management*, 29, 1176-1185.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions.
- UN (2014). World's population increasingly urban with more than half living in urban areas. Disponível em: <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>
- UN (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Volume I: Comprehensive Tables (ST/ESA/SER.A/399)*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- VTM. (2018). *Mensagem dos Sócios*. Disponível em: <http://vtm-global.com/pt/> (consultado a 12 de janeiro de 2018).
- Walter Lewellen. (2010). *Classic Refuse Trucks*. Disponível em: <http://www.classicrefusetrucks.com/archive/news0110.html> (consultado a 21 de setembro de 2017).
- Ward, V. (2017). End of the wheelie bin in sight as it is replaced with underground system. *The Telegraph*, 12 September. Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/news/2017/09/12/end-wheelie-bin-sight-replaced-underground-system/> (consultado a 21 de junho de 2017).

Wikipédia. (n.d.). *Distritos de Portugal*. Disponível em:  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Distritos\\_de\\_Portugal](https://pt.wikipedia.org/wiki/Distritos_de_Portugal) (consultado a 13 de janeiro de 2018).

Wyld D. C. (2010). Taking Out the Trash (and the recuclables): RFID and the handling of Municipal Solid Waste. *International Journal Of Software Engineering & Applications (IJSEA)*, Num 1, 1, 0–13.

## ANEXOS

Anexo I: Questionário enviado para as entidades de recolha de RU em Portugal Continental.



## Secção A: Bem-vindo

Exmo(a) Senhor(a),

Nos últimos anos surgiram no mercado novos equipamentos e tecnologias que incluem uma ampla gama de soluções técnicas aplicadas aos contentores, às viaturas e ao sistema global de monitorização e gestão dos circuitos de recolha de resíduos, destinadas a melhorar o planeamento, a otimização dos circuitos e, em muitas situações, a implementação de sistemas PAYT.

Exemplos da aplicação destas novas tecnologias incluem a colocação de sensores nos contentores, os sistemas de GPS instalados nas viaturas, os dispositivos de comunicação RFID, *wi-fi* e *Web-GIS*, os programas de otimização de circuitos e os sistemas desenhados para uma gestão integrada de todo o sistema de recolha. É a expansão dos novos paradigmas da “*Internet of things*”, das “*Smart City*” e da “*Big Data Analytics*” ao setor da gestão de resíduos, ou seja, a “*smart waste management*”.

Com o objetivo de avaliar de que forma estas novas tecnologias estão a ser implementados em Portugal e quais as experiências e expectativas dos responsáveis e técnicos pela gestão de RU, o grupo de resíduos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT NOVA) desenvolveu um questionário destinado a todos os técnicos que têm a seu cargo a gestão dos sistemas de recolha de RU.

Os resultados serão depois tratados estatisticamente de forma agregada, sem possibilidade de identificação dos respondentes, e disponibilizados a todos os que o solicitarem.

Este questionário deve ser preenchido, preferencialmente, pelo responsável do sistema de recolha de resíduos urbanos.

A participação de todos é fundamental para se conseguir ter um retrato representativo do país. Por questões de cumprimento de prazos muito agradecia se o questionário pudesse ser respondido até ao dia 20 de julho.

Muito obrigada,

Graça Martinho

## Secção B: I. Identificação

**B1. 1.1. Nome da entidade que responde ao questionário:**

[illegible]

**B2. 1.2. Concelho(s) abrangido(s):**

--	--	--	--	--	--	--	--



<b>B3.</b>	<b>1.3. Entidade(s) responsável(eis) pela recolha dos resíduos indiferenciados:</b>
	<input type="text"/>
<b>B4.</b>	<b>1.4. Entidade(s) responsável(eis) pela recolha seletiva multimaterial:</b>
	<input type="text"/>
<b>B5.</b>	<b>1.5. Entidade(s) responsável(eis) pela recolha dos resíduos orgânicos:</b>
	<input type="text"/>
<b>Secção C: II. Caracterização do serviço</b>	
<b>C1.</b>	<b>2.1. Quantos circuitos de recolha de RU existem no Concelho, total e, se possível, por tipo de recolha? (indicar o nº)</b>
<i>Um circuito de recolha é definido pelo mesmo conjunto de pontos recolhidos pela mesma sequência (mesma rota). Um circuito trisemanal com o mesmo "número", mas onde existem diferenças entre os 3 dias de recolha são 3 circuitos diferentes.</i>	
<b>Nº total:</b>	
	a) Indiferenciados <input type="text"/>
	b) Papel/cartão <input type="text"/>
	c) Vidro <input type="text"/>
	d) Plástico/metal <input type="text"/>
	e) Orgânicos <input type="text"/>
<b>Nº por porta-a-porta (moradias/prédios baixos):</b>	
	a) Indiferenciados <input type="text"/>
	b) Papel/cartão <input type="text"/>
	c) Vidro <input type="text"/>
	d) Plástico/metal <input type="text"/>
	e) Orgânicos <input type="text"/>
<b>Nº por porta-a-porta alto porte:</b>	
	a) Indiferenciados <input type="text"/>
	b) Papel/cartão <input type="text"/>
	c) Vidro <input type="text"/>
	d) Plástico/metal <input type="text"/>
	e) Orgânicos <input type="text"/>



Nº circuitos coletivos:		a) Indiferenciados	<input type="text"/>
		b) Papel/cartão	<input type="text"/>
		c) Vidro	<input type="text"/>
		d) Plástico/metá	<input type="text"/>
		e) Orgânicos	<input type="text"/>
Nº por ecoilhas:		a) Indiferenciados	<input type="text"/>
		b) Papel/cartão	<input type="text"/>
		c) Vidro	<input type="text"/>
		d) Plástico/metá	<input type="text"/>
		e) Orgânicos	<input type="text"/>
Nº por ecopontos:		a) Indiferenciados	<input type="text"/>
		b) Papel/cartão	<input type="text"/>
		c) Vidro	<input type="text"/>
		d) Plástico/metá	<input type="text"/>
		e) Orgânicos	<input type="text"/>
C2.	2.2. Quantos circuitos de recolha incluem deposição por sacos? (indicar 0, caso não exista)		
	a) Indiferenciados	<input type="text"/>	
	b) Papel/cartão	<input type="text"/>	
	c) Plásticos/metais	<input type="text"/>	
	d) Orgânicos	<input type="text"/>	
	e) Vidro	<input type="text"/>	
C3.	2.3. Quantos contentores de recolha de RU existem no Concelho, total e, se possível, desagregados por tipo de contentor? (indicar o nº)		
	Nº total de contentores:		
	a) Indiferenciados	<input type="text"/>	
	b) Papel/cartão	<input type="text"/>	



Nº de contentores de superfície:	c) Vidro	<input type="text"/>
	d) Plástico/metá	<input type="text"/>
	e) Orgânicos	<input type="text"/>
Nº de contentores semi-subterrâneos:	a) Indiferenciados	<input type="text"/>
	b) Papel/cartão	<input type="text"/>
	c) Vidro	<input type="text"/>
	d) Plástico/metá	<input type="text"/>
	e) Orgânicos	<input type="text"/>
Nº de contentores subterrâneos:	a) Indiferenciados	<input type="text"/>
	b) Papel/cartão	<input type="text"/>
	c) Vidro	<input type="text"/>
	d) Plástico/metá	<input type="text"/>
	e) Orgânicos	<input type="text"/>
Nº de contentores de recolha traseira:	a) Indiferenciados	<input type="text"/>
	b) Papel/cartão	<input type="text"/>
	c) Vidro	<input type="text"/>
	d) Plástico/metá	<input type="text"/>
	e) Orgânicos	<input type="text"/>





Nº de contentores de recolha lateral:

- a) Indiferenciados ☐
- b) Papel/cartão ☐
- c) Vidro ☐
- d) Plástico/metal ☐
- e) Orgânicos ☐

Nº de contentores de recolha com grua:

- a) Indiferenciados ☐
- b) Papel/cartão ☐
- c) Vidro ☐
- d) Plástico/metal ☐
- e) Orgânicos ☐

**C4. 2.4. Quantas viaturas de recolha de RU existem no Concelho, total e, se possível, por tipo de viatura? (indicar o nº)**  
Nº total e viaturas:

- a) Indiferenciados ☐
- b) Papel/cartão ☐
- c) Vidro ☐
- d) Plástico/metal ☐
- e) Orgânicos ☐

Nº de viaturas caixa aberta com grua:

- a) Indiferenciados ☐
- b) Papel/cartão ☐
- c) Vidro ☐
- d) Plástico/metal ☐
- e) Orgânicos ☐

Nº de viaturas compactadora de recolha traseira:

- a) Indiferenciados ☐
- b) Papel/cartão ☐
- c) Vidro ☐



		d) Plástico/metal	<input type="checkbox"/>
		e) Orgânicos	<input type="checkbox"/>
Nº de viaturas compactadora com grua:			
		a) Indiferenciados	<input type="checkbox"/>
		b) Papel/cartão	<input type="checkbox"/>
		c) Vidro	<input type="checkbox"/>
		d) Plástico/metal	<input type="checkbox"/>
		e) Orgânicos	<input type="checkbox"/>
C5.	2.5. Quantos funcionários estão afetos à recolha de RU2? (indicar 0, caso não exista)		
<i>2 Excluir limpeza pública.</i>			
a) Técnicos superiores: <input type="checkbox"/> b) Assistentes de manutenção:		<input type="text"/>	
(i) Chefe de oficina		<input type="text"/>	
(ii) Mecânico/soldador/etc. <input type="checkbox"/> c) Assistentes operacionais:		<input type="text"/>	
(i) Encarregados		<input type="text"/>	
(ii) Motoristas		<input type="text"/>	
(iii) Cantoneiros		<input type="text"/>	
C6.	2.6. Considerando as despesas totais com a gestão dos RU (recolha e tratamento), só o sistema de recolha representa que percentagem aproximada dessas despesas? (indicar um valor de 0 a 100)		
			<input type="text"/>
C7.	2.7. Existe, ou está previsto existir a curto prazo, algum sistema de tarifação tipo PAYT?		
a) Não existe, nem está previsto		<input type="checkbox"/>	
b) Não existe, mas está previsto		<input type="checkbox"/>	
c) Existe		<input type="checkbox"/>	



**C8. 2.8. Se existe ou está previsto existir, pode por favor descrever resumidamente as suas características.**

**C9. 2.8. Se existe ou está previsto existir, pode por favor descrever resumidamente as suas características**

### **Secção D: III. Identificação dos equipamentos e tecnologias “smart” existentes ou a adquirir**

**D1. 3.1. Quantos circuitos de recolha têm contentores ou sacos com equipamentos/dispositivos para a sua identificação e/ou georreferenciação? (indicar 0, caso não existam)**


- |   |                      |
|---|----------------------|
| a) Circuitos de recolha de indiferenciados (nº):  | <input type="text"/> |
| b) Circuitos de recolha de papel/cartão (nº):     | <input type="text"/> |
| c) Circuitos de recolha de vidro (nº):            | <input type="text"/> |
| d) Circuitos de recolha de plásticos/metais (nº): | <input type="text"/> |
| e) Circuitos de recolha de orgânicos (nº):        | <input type="text"/> |

**D2. 3.2. Que tipo de equipamentos/dispositivos estão instalados nos contentores (ou sacos)?**

**a) Identificação**

**a.1) Identificadores dos sacos:**

- |                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| i) Sem identificação                | <input type="checkbox"/> |
| ii) Autocolantes RFID pré-comprados | <input type="checkbox"/> |
| iii) Sacos com TAGs RFID            | <input type="checkbox"/> |



Outro
☐

Outro
 

--	--	--	--	--	--	--	--

**D3. a.2) Identificadores de contentores:**

i) Sem identificação ☐  
 ii) Com numeração sequencial (termoimpressa ou chapa metálica aplicada no ato da compra dos contentores) ☐  
 iii) Com identificação automática, com RFID ☐  
 Outro ☐

Outro
 

--	--	--	--	--	--	--	--

**D4.**

**b) Nível de enchimento**

b.1) Sensores óticos de leitura e aviso do nível de enchimento dos contentores ☐  
 b.2) Sensores ultrassons de leitura e aviso do nível de enchimento dos contentores ☐  
 Outro ☐

Outro
 

--	--	--	--	--	--	--	--

**D5. i) Discriminar em que tipo de contentores estão equipados sensores óticos, e em que quantidade**

**D6. i) Discriminar em que tipo de contentores estão equipados sensores ultrassons, e em que quantidade**



**D7. 3.3. Quantas viaturas de recolha estão equipadas com algum tipo de tecnologia para leitura dos contentores e comunicação?**

Por exemplo, comunicação com o backoffice para planeamento dos circuitos para o dia seguinte

(circuitos planeados) ou em tempo real (definição do circuito no momento, em função das taxas de enchimento e viaturas disponíveis)

(indicar 0, caso não exista)

a) Com GPS (sistema de tracking simples)	<input type="text"/>
b) Com GPS + consolas + ligação centralina (registo de consumos, km, eventos de condução, etc.)	<input type="text"/>
i) Com consolas na cabine para registo de ocorrências unidirecional (da viatura para backoffice)	<input type="text"/>
ii) Com consolas na cabine para registo de ocorrência e receção de informação do backoffice, i.e., bidirecional (permite a receção de instruções de trabalho e definição de circuitos/operações de recolha em tempo real)	<input type="text"/>
c) Com sensores de basculamento (ligados à tomada de força da viatura)	<input type="text"/>
d) Com sensores para leitura de proximidade RFID (sistema PAYT por volume – identificação do produtor)	<input type="text"/>
e) Com balanças no elevador (sistemas PAYT por peso – industriais)	<input type="text"/>
f) Com sensores da posição da placa (para avaliar taxa de enchimento da viatura)	<input type="text"/>

**D8. 3.4. Para o apoio à gestão da recolha de RU dispõem de algum sistema/programa de otimização dos circuitos?**

Sim ☐

Não ☐

**D9. 3.4.1. Se sim, indique por favor:**

a) Nome do programa	<input type="text"/>
b) Nome do fornecedor	<input type="text"/>
c) Custo de aquisição da licença de software (em €)	<input type="text"/>
d) Custo anual de manutenção/renovação desta licença (com/sem formação para novas versões)	<input type="text"/>

**D10. 3.5. Para o apoio à gestão da recolha de RU dispõem de algum sistema/programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha?**

*3Esta pergunta complementa as anteriores. Geralmente estes sistemas são fornecidos num "pacote" que inclui o hardware (as consolas e sistemas de sensores para as viaturas e contentores, já referidos nas questões anteriores), assim como o software que permite gerir e recolher indicadores, que são configuráveis, com diferentes "níveis" ou módulos em função das necessidades do cliente.*

Sim ☐

Não ☐



**D11. 3.5.1. Se sim, indique por favor:**

a) Nome do programa

\_\_\_\_\_

b) Nome do fornecedor

\_\_\_\_\_

c) Custo de aquisição da licença de software (em €)

\_\_\_\_\_

d) Custo anual de manutenção/renovação desta licença (com/sem formação para novas versões)

\_\_\_\_\_

D12.

i) SE RESPONDEU "SIM", na pergunta 3.4. E/OU na 3.5.:

i.1. Se já utilizam (ou pensam vir a utilizar) algum tipo de equipamentos/tecnologias nos circuitos de recolha, o que facilitou (ou poderia facilitar) a sua implementação? (selecione no máximo 3 opções)

a) Disponibilidade/oportunidade de financiamento

7

b) Capacitação técnica (técnicos aptos a utilizarem estas novas tecnologias)

7

c) Prioridade identificada pelos nossos técnicos

7

d) Prioridade identificada pelos decisores

7

e) Crença de que os benefícios poderão compensar os custos

7

f) Equipamentos/tecnologias existentes no mercado bastante satisfatórios

7

g) Soluções compatíveis com os softwares SIG existentes e “userfriendly”

7

## Outro



## Outro

[illegible]

D13. i.2. Face à sua experiência, o que recomendaria a um colega que estivesse a selecionar equipamentos/programas para a recolha de RU? (selecione no máximo 2 opções)

a) Que se certifique se o produto resolve ou corresponde ao objetivo pretendido

7

b) Que incluia um piloto ou período de teste

7

c) Que faça uma comparação entre vários fornecedores deste tipo de equipamentos/tecnologias/programas

7

d) Que teste o serviço e comprove a sua eficácia primeiro

7

e) Que comprove os benefícios no caso concreto e o período de amortização do investimento

7

## Outro



## Outro

--	--	--	--	--	--	--	--



**D14. i.3. Se fosse agora, o que teria feito (ou exigido) de diferente ao(s) seu(s) fornecedor(es)? (selecione no máximo 2 opções)**

a) Certificava-me que o produto resolvia ou correspondia ao objetivo pretendido ☐

b) Incluía um piloto ou período de teste ☐

c) Faria uma análise comparativa entre vários fornecedores deste tipo de equipamentos/tecnologias ☐

d) Testava primeiro o serviço/produto ☐

e) Avaliava em quanto tempo teria o retorno do investimento (tempo – RH e distâncias – gasóleo e RH) ☐

Outro ☐

Outro

--	--	--	--	--	--	--	--

**D15. i.4. Quais são as características que considera deverem ser melhoradas para os produtos (equipamentos/tecnologias/programas) que visam a gestão “smart” dos circuitos? (selecione no máximo 3)**

a) Redução de custos de aquisição ou licença ☐

b) Melhor integração ☐

c) Administração simplificada ☐

d) Scorecards do motorista ☐

e) Recursos de manutenção ☐

f) Melhores resultados em termos de otimização de circuitos ☐

Outro ☐

Outro

--	--	--	--	--	--	--	--

**D16. i.5. Qual considera ser o fator mais importante para os serviços de telemática aplicada à recolha dos RU? (selecione apenas a que considera mais importante)**

a) Serviço e suporte pós-venda ☐

b) Preço ☐

c) Tecnologia de avanço contínuo ☐

d) Simplicidade nas atualizações (fornecimento por módulos) ☐

Outro ☐

Outro

--	--	--	--	--	--	--	--



**D17. i.6. Que serviços adicionais gostaria de ter da parte dos fornecedores de equipamentos/tecnologias/programas destinados à recolha integrada e inteligente? (selecione no máximo 2)**

- a) Gestão de conta dedicada ☐
- b) Análise do período de retorno do investimento ☐
- c) Suporte e apoio para a implementação ☐
- d) Suporte técnico por um período alargado ☐
- e) Assistência técnica permanente ou com resposta inferior a 12 horas ☐
- Outro ☐

Outro

--	--	--	--	--	--	--	--

**D18. i.7. O que considera ser o aspeto que poderia ser melhorado pelo seu fornecedor? (selecione no máximo 3 opções)**

- a) Facilidade de implementação ☐
- b) Facilidade de utilização ☐
- c) Serviço ao cliente ☐
- d) Cobertura do serviço ☐
- e) Custos antecipados ☐
- f) Taxas mensais ☐
- g) Características do software ☐
- h) Período de retorno do investimento ☐
- i) Facilidade na utilização/configuração do software ☐
- j) Capacidade do hardware – consolas, sensores ☐
- Outro ☐

Outro

--	--	--	--	--	--	--	--

**D19. i.8. Face à situação de referência (SR), quais foram os benefícios alcançados após a implementação de novas tecnologias e/ou programas?**

- |   | Muito<br>pior que a<br>SR | Pior que a<br>SR         | Idêntico à<br>SR         | Melhor<br>que a SR       | Muito<br>melhor<br>que a SR |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| a) Melhoria nos indicadores de produtividade da recolha | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |
| b) Melhor eficiência na manutenção dos veículos         | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>    |



	Muito pior que a SR	Pior que a SR	Idêntico à SR	Melhor que a SR	Muito melhor que a SR										
c) Diminuição dos consumos de combustível	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
d) Eficiência na recolha (redução de tempo e km percorridos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
e) Melhor gestão dos recursos humanos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
f) Redução global dos custos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
<b>D20.</b>															
g) Outros benefícios, quais?															
<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>															
<b>D21.</b>															
i.9. Quais eram as suas expetativas iniciais em relação ao número de anos de retorno do investimento feito em temática?															
<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>															
<b>D22.</b>															
i.10. Na prática, o retorno completo do investimento foi (ou será) conseguido após quantos anos?															
<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>															
<b>D23.</b>															
i.11. Quais foram os principais problemas/dificuldades na implementação do novo equipamento e/ou utilização de programas? (selecione o principal)															
a) Exigência de formação adicional especializada para os:															
i) Técnicos					<input type="checkbox"/>										
ii) Motoristas					<input type="checkbox"/>										
iii) Cantoneiros					<input type="checkbox"/>										
iv) Não aplicável					<input type="checkbox"/>										
<b>D24.</b>															
b) Resistência à mudança, pelos:															
i) Técnicos					<input type="checkbox"/>										
ii) Motoristas					<input type="checkbox"/>										
iii) Cantoneiros					<input type="checkbox"/>										
iv) Não aplicável					<input type="checkbox"/>										



D25.

c) Exigência de levantamento de um grande número de dados de base, por parte dos:

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| i) Técnicos                       | <input type="checkbox"/> |
| ii) Motoristas                    | <input type="checkbox"/> |
| iii) Cantoneiros                  | <input type="checkbox"/> |
| iv) Recursos externos contratados | <input type="checkbox"/> |
| v) Não aplicável                  | <input type="checkbox"/> |
| Outro                             | <input type="checkbox"/> |

## Outro

--	--	--	--	--	--	--	--

D26.

d) Outros problemas/dificuldades, quais?

[illegible]

**D27.** ii) SE RESPONDEU "NÃO", na pergunta 3.4, E/OU na 3.5.:

ii.1. Porque razão ainda não implementaram ou generalizaram a utilização de equipamentos/tecnologias de gestão e otimização do serviço de recolha? (selecione no máximo 3 opções)

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| a) Por falta de financiamento  | <input type="checkbox"/> |
| b) Por falta de capacitação técnica (necessidade de formação dos nossos técnicos)  | <input type="checkbox"/> |
| c) Por não ser uma prioridade técnica  | <input type="checkbox"/> |
| d) Por não ser uma prioridade dos decisores  | <input type="checkbox"/> |
| e) Porque é difícil estimar o tempo de amortização do investimento (porque não se acredita que os benefícios possam compensar os custos)                       | <input type="checkbox"/> |
| f) Os equipamentos/tecnologias existentes no mercado necessitam ainda de ser aperfeiçoados para se adaptarem às características dos circuitos de recolha de RU | <input type="checkbox"/> |
| g) Dificuldade em aplicar uma análise comparativa objetiva da diversidade de soluções existentes no mercado  | <input type="checkbox"/> |
| Outro  | <input type="checkbox"/> |

## Outro

[illegible]



D28. ii.2. Se tivesse oportunidade de adquirir algum tipo de equipamento/tecnologia ou programa para melhorar a recolha dos RU, quais seriam as suas prioridades? (selecione apenas a mais importante)

a) Para os contentores

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| i) Sistemas para identificação dos contentores (e sacos) | <input type="checkbox"/> |
| ii) Sensores do nível de enchimento dos contentores      | <input type="checkbox"/> |

D29.

**b) Para as viaturas**

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| i) Com GPS + consolas + ligação centralina (registo de consumos, km, eventos de condução, etc.)      | <input type="checkbox"/> |
| ii) Sensores de basculamento (ligados à tomada de força da viatura)                                  | <input type="checkbox"/> |
| iii) Sensores para leitura de proximidade RFID (sistema PAYT por volume – identificação do produtor) | <input type="checkbox"/> |
| iv) Balanças no elevador (sistemas PAYT por peso)  | <input type="checkbox"/> |
| v) Sensores da posição da placa (para avaliar taxa de enchimento da viatura)                         | <input type="checkbox"/> |

**D30. c) Para o sistema de gestão da recolha**

- i) Programa de otimização de rotas ☐
- ii) Programa de gestão integrada de todo o sistema de recolha ☐

D31. ii.3. O que exigiria ao(s) seu(s) fornecedor(es)? (selecione no máximo 2)

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| a) Garantia de que o produto resolvia ou correspondia ao objetivo pretendido                       | <input type="checkbox"/> |
| b) Inclusão de um piloto ou período de teste   | <input type="checkbox"/> |
| c) Uma análise comparativa entre vários fornecedores deste tipo de equipamentos/tecnologias        | <input type="checkbox"/> |
| d) A possibilidade de poder testar primeiro o serviço/produto antes de o adquirir                  | <input type="checkbox"/> |
| e) Uma demonstração do período de retorno do investimento (tempo – RH e distâncias – gasóleo e RH) | <input type="checkbox"/> |
| Outro  | <input type="checkbox"/> |

## Outro

[illegible]

D32. ii.4. Qual considera ser o fator mais importante para os serviços de telemática aplicada à recolha dos RU? (selecione apenas o mais importante)

- |                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| a) Serviço e suporte pós-venda   | <input type="checkbox"/> |
| b) Preço                         | <input type="checkbox"/> |
| c) Tecnologia de avanço contínuo | <input type="checkbox"/> |

[illegible]



D35. ii.7. Face à situação de referência (SR), que benefícios acredita poderem resultar da implementação de novas tecnologias e/ou programas à recolha de RU?

Muito pior que a SR	Pior que a SR	Idêntico à SR	Melhor que a SR	Muito melhor que a SR
---------------------------	------------------	------------------	--------------------	-----------------------------

- a) Melhoria nos indicadores de produtividade da recolha
- b) Melhor eficiência na manutenção dos veículos
- c) Diminuição dos consumos de combustível
- d) Eficiência na recolha (redução de tempo e km percorridos)
- e) Melhor gestão dos recursos humanos
- f) Redução global dos custos

**D36.**

g) Outros benefícios, quais?

[illegible]

D37. ii.8. Qual acredita poder ser o número de anos de retorno de um investimento completo em temática aplicada à recolha de RU?

\_\_\_\_\_

## Secção E: IV. Prioridades a curto prazo

E1. 4.1. A curto prazo (até 2020), quais são as três principais prioridades/objetivos para a área da recolha de RU? (selecione no máximo 3 opções)

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| a) Manutenção/reparação da frota   | <input type="checkbox"/> |
| b) Renovação da frota (aquisição de novas viaturas para substituição das antigas ou para maior cobertura do serviço) | <input type="checkbox"/> |
| c) Aquisição de novos/mais contentores indiferenciados   | <input type="checkbox"/> |
| d) Aquisição de novos/mais contentores para as recolhas seletivas  | <input type="checkbox"/> |
| e) Aquisição de nova tecnologia para a otimização dos circuitos  | <input type="checkbox"/> |
| f) Redução dos consumos de combustível   | <input type="checkbox"/> |
| g) Redução ou contratação de pessoal   | <input type="checkbox"/> |
| h) Campanhas de informação/sensibilização aos utentes para aumentar a deposição seletiva                             | <input type="checkbox"/> |
| i) Implementação de sistemas tarifários tipo PAYT  | <input type="checkbox"/> |
| j) Revisão do tarifário  | <input type="checkbox"/> |



k) Investimento num ecocentro ou estação de transferência ☐

Outro ☐

Outro

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**E2. 4.2. Quais são as suas expetativas em relação à generalização da telemática no setor da recolha dos RU em Portugal?**

- a) Acredito que a implementação deste tipo de soluções tornar-se-ão uma prática generalizada dentro de 3 anos ☐
- b) Acredito que a implementação deste tipo de soluções tornar-se-ão uma prática generalizada dentro de 5 anos ☐
- c) Acredito que a implementação deste tipo de soluções tornar-se-ão uma prática generalizada dentro de 10 anos ☐

**Secção F:**

**F1. 5. Caso queira acrescentar mais alguma informação que considere poder ser útil a este estudo, por favor utilize este espaço:**

--

**Secção G: Muito obrigado pela sua colaboração!**

**G1. Para finalizar, gostaríamos que nos indicasse o seu nome para eventuais futuros contactos e envio dos resultados deste questionário nacional.**

Nome:

E-mail:

Telefone:

**Muito obrigada pela sua colaboração!**

## Anexo II: As entidades de recolha (indiferenciada/seletiva multimaterial) por cada região

**Tabela 0.1 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Norte**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
CM da Póvoa de Varzim	Póvoa de Varzim	CM da Póvoa de Varzim
CM de Espinho	Espinho	CM de Espinho
CM de Oliveira de Azeméis	Oliveira de Azeméis	CM de Oliveira de Azeméis
CM de Alcochete	Alcochete	CM de Alcochete
CM de Arouca	Arouca	CM de Arouca e Ferrovia Serviços
Divisão Desenvolvimento Ambiental	Gondomar	Rede Ambiente - Engenharia e Serviços, S.A.
CM de Alijó	Alijó	EcoAmbiente
CM de Moimenta da Beira	Moimenta da Beira	CM de Moimenta da Beira
CM de Castelo de Paiva	Castelo de Paiva	CM de Castelo de Paiva
CM de Vila Pouca de Aguiar	Vila Pouca de Aguiar	CM de Vila Pouca de Aguiar
CM Vizela	Vizela	CM Vizela
CM de Penedono	Penedono	EcoAmbiente
AGERE - Empresa de Águas Efluentes e Resíduos de Braga, E.M.	Braga	AGERE
CM de Ribeira de Pena	Ribeira de Pena	Luságua
CM de Tabuaço	Tabuaço	SUMA
CM de Valongo	Valongo	CM de Valongo
EMARVR	Vila Real	EMARVR
CM de Mesão Frio	Mesão Frio	EcoAmbiente
CM de Lousada	Lousada	SUMA
CM de S. João da Pesqueira	São João da Pesqueira	CM de S. João da Pesqueira
CM de Valpaços	Valpaços	SUMA
CM de Amarante	Amarante	CM de Amarante
CM de Guimarães	Guimarães	CM de Guimarães e Vitrus Ambiente
CM do Marco de Canaveses	Marco de Canaveses	FCC - Environment Portugal, S.A.
Esposende Ambiente	Esposende	CM Esposende (recolha efetuada por privados)
CM de Santa Maria da Feira	Santa Maria da Feira	SUMA

(continua)

**Tabela 0.1 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Norte (continuação)**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
CM de Felgueiras	Felgueiras	Não aplicável
CM de Valença	Valença	SUMA
Resíduos do Nordeste	Alfândega da Fé, Bragança, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Torre de Moncorvo, Vila Flor, Vila Nova de Foz Côa, Vimioso e Vinhais	Resíduos do Nordeste e Associação de Municípios do Douro Superior
CM de Paredes	Paredes	CM de Paredes
SMSB de Viana do Castelo	Viana do Castelo	SMSB de Viana do Castelo

**Tabela 0.2 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Centro**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
CM da Marinha Grande	Marinha Grande	SUMA
INOVA	Cantanhede	INOVA
CM de Estarreja	Estarreja	Luságua,- Serviços Ambiental, S.A.
CM Ovar	Ovar	CM Ovar
CM de Soure	Soure	CM de Soure
CM da Murtosa	Concelho da Murtosa	CM da Murtosa
CM de Arganil	Arganil	CM de Arganil
CM de Penacova	Penacova	CM de Penacova
CM de Pedrógão Grande	Pedrógão Grande	CM Pedrógão Grande
CM de Vagos	Vagos	Luságua
CM de Figueiró dos Vinhos	Figueiró dos Vinhos	CM de Figueiró dos Vinhos
CM da Lousã	Lousã	CM da Lousã
CM de Mealhada	Mealhada	CM de Mealhada
CM de Coimbra	Coimbra	CM de Coimbra
CM de Figueira de Castelo Rodrigo	Figueira de Castelo Rodrigo	CM de Figueira de Castelo Rodrigo

(continua)



**Tabela 0.2 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Centro (continuação)**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
CM do Sabugal	Sabugal	CM do Sabugal
CM de Constância	Constância	SUMA
Lurec - Limpeza Urbana e Reciclagem, S.A.	Fundão, Belmonte, Penamacor, Almeida, Trancoso	Lurec
ADC - Águas da Covilhã	Covilhã	ADC
CM de Pinhel	Pinhel	CM de Pinhel / RESUR
CM de Celorico da Beira	Celorico da Beira	CM de Celorico da Beira
CM de Meda	Meda	CM de Meda
CM de Gouveia	Gouveia	Autarquia
AMR Planalto Beirão - Associação de Municípios da Região do Planalto Beirão	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Gouveia, Mangualde, Mortágua, Nelas, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Seia, Tábua, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu e Vouzela	AMR Planalto Beirão
SM de Castelo Branco	Castelo Branco	SM de Castelo Branco
CM de Pombal	Pombal	CM de Pombal
CM de Proença-a-Nova	Proença-a-Nova	CM de Proença-a-Nova
SM de Abrantes	Abrantes	SM de Abrantes
CM de Oleiros	Oleiros	CM de Oleiros
CM de Alenquer	Alenquer	Recolte - Recolha Tratamento e Eliminação de Resíduos, S.A.
CM de Óbidos	Óbidos	CM de Óbidos
CM de Ferreira do Zêzere	Ferreira do Zêzere	CM de Ferreira do Zêzere
CM das Caldas da Rainha	Caldas da Rainha	CM das Caldas da Rainha
SM da Nazaré	Nazaré	SM da Nazaré
CM de Arruda dos Vinhos	Arruda dos Vinhos	CM de Arruda dos Vinhos
CM de Torres Vedras	Torres Vedras	CM de Torres Vedras
SMAS de Tomar	Tomar	SMAS de Tomar

**Tabela 0.3 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região de Lisboa**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
CM do Seixal	Seixal	CM do Seixal
EMAC	Cascais	EMAC
CM de Almada	Almada	CM de Almada
CM de Lisboa	Lisboa	CM de Lisboa
CM de Mafra	Mafra	EcoAmbiente - Consultores de Engenharia, Gestão e Prestação de Serviços, S.A.
CM de Oeiras	Oeiras	CM de Oeiras
AMARSUL	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra e Setúbal	CM de Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra e Setúbal
CM da Moita	Moita	CM da Moita
CM de Setúbal	Setúbal	CM de Setúbal
CM de Palmela	Palmela	CM de Palmela
SIMAR de Loures e Odivelas - Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos de Loures e Odivelas	Loures e Odivelas	SIMAR Loures e Odivelas

**Tabela 0.4 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Alentejo**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
Ferreira do Alentejo	CM de Ferreira do Alentejo	AMBILITAL - Investimentos Ambientais no Alentejo, E.I.M.
Mourão	CM de Mourão	Gesamb
Santiago do Cacém	CM do Santiago do Cacém	Ambilital
Coruche	CM de Coruche	Ecolezíria - Empresa Intermunicipal Tratamento Resíduos Sólidos, E.I.M.
Cartaxo	CM do Cartaxo	Ecolezíria
Almeirim, Alpiarça, Benavente, Cartaxo, Coruche e Salvaterra de Magos	CM de Almeirim, Alpiarça, Benavente, Cartaxo, Coruche e Salvaterra de Magos	Ecolezíria
Almeirim	CM de Almeirim	Ecolezíria
Benavente	CM de Benavente	Ecolezíria

(continua)

**Tabela 0.4 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Alentejo (continuação)**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
Santarém	CM Santarém	Resitejo - Associação de Gestão e Tratamento dos Lixos do Médio Tejo
Reguengos de Monsaraz	CM de Reguengos de Monsaraz	Gesamb
Mora	CM de Mora	CM de Mora/Gesamb
Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mora, Mourão, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Vendas Novas e Vila Viçosa	CM de Alandroal, Arraiolos Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mora, Mourão, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Vendas Novas e Vila Viçosa	Gesamb
Estremoz	CM de Estremoz	Gesamb
Vendas Novas	CM de Vendas Novas	Gesamb
Chamusca	Resitejo	Resitejo
Viana do Alentejo	CM de Viana do Alentejo	Gesamb
Redondo	CM de Redondo	Gesamb
Montemor-o-Novo	CM Montemor-o-Novo	Gesamb
Arraiolos	CM de Arraiolos	Gesamb
Concelho de Cuba	CM de Cuba e Junta de Freguesia de Cuba	CM de Cuba e Junta de Freguesia de Cuba
Barrancos	Junta de Freguesia de Barrancos	Junta de Freguesia de Barrancos
Moura	CM de Moura	Resialentejo
Monforte	CM de Monforte	Valnor - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.
Serpa	CM de Serpa	Resialentejo
Marvão	CM de Marvão	Valnor
Portalegre	CM de Portalegre	Valnor
Campo Maior	CM de Campo Maior	Valnor
Castelo de Vide	CM de Castelo de Vide	Valnor
Azambuja	CM de Azambuja	Valorsul - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste, S.A.

**Tabela 0.5 - As entidades de Recolha de Resíduos Indiferenciados e de Recolha Seletiva Multimaterial da região do Algarve**

Concelho	Entidade de Recolha Indiferenciada (questão B3)	Entidade de Recolha seletiva multimaterial (questão B4)
CM de Silves	Silves	CM Silves
CM de Lagoa	Lagoa	CM de Lagoa
CM de Lagos	Lagos	CM de Lagos
EMARP - Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Portimão	Portimão	EMARP
CM de Monchique	Monchique	CM de Monchique
CM de Albufeira	Albufeira	CM de Albufeira
CM de Vila do Bispo	Vila do Bispo	CM de Vila do Bispo
Ambiolhão - Empresa Municipal De Ambiente De Olhão, E.M.	Olhão	Ambiolhão
ALGAR	16 concelhos do Algarve	CM dos 16 concelhos do Algarve
Inframoura	Loulé - Vilamoura e Vila Sol	Inframoura
CM de Castro Marim	Castro Marim	CM de Castro Marim
Infraquinta - Empresa de Infraestruturas da Quinta do Lago, E.M., S.A.	Loulé	Infraquinta
CM de Alcoutim	Alcoutim	CM de Alcoutim